

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ



Inovace manipulačního vozíku

Diplomová práce

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program: N2301 - Strojní inženýrství

Obor: 3909T010 - Inovační inženýrství

Zaměření: Inovace výrobku

Katedra částí a mechanismů strojů

Inovace manipulačního vozíku

Innovation manipulations cart

Jméno autor:

Pavel Jandura

Vedoucí diplomové práce:

doc. Dr. Ing. Ivan Mašín

Konzultant diplomové práce:

Ing. Zdeněk Šaur (DENSO MCZ, Liberec)

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 55

Počet obrázků: 36

Počet tabulek: 5

Počet příloh: 29

V Liberci dne: 09. 09. 2015

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel Jandura**
Osobní číslo: **S14000594**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Inovační inženýrství**
Název tématu: **Inovace manipulačního vozíku**
Zadávací katedra: **Katedra částí a mechanismů strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Inovujte manipulační vozík pro mezioperační přepravu dílů chladičů. Inovace musí splňovat požadavky společnosti DENSO MCZ z hlediska dodržení ergonomických zátěží a bezpečnosti resp. parametrům výrobní linky.

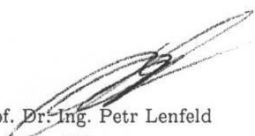
1. Zpracujte řešerši v oblasti inovace manipulačních prostředků pro výrobní procesy.
2. Proveďte analýzu podmínek manipulace pro daný materiálový tok.
3. Analyzujte potřeby zákazníka a proveďte transformaci na výrobní specifikace pomocí metody QFD.
4. Proveďte funkčně-objektovou analýzu a definujte dílčí zadání pro patentový průzkum nebo trimming.
5. Proveďte patentový průzkum v oblasti dílčích zadání.
6. Vytvořte min. 3 koncepty manipulačního vozíku s různým konstrukčním řešením dílů nebo podskupin. Vytvořené koncepty systematicky zhodnoťte.
7. Zpracujte konstrukční dokumentaci pro vybraný koncept a řešení proveďte pomocí metody FEM (ohyb, pevnost).
8. Konstrukční návrh (konstrukční celek resp. podskupiny) proveďte metodami DFA, FMEA-D a VA/VE.
9. Proveďte zhodnocení finálního návrhu.

Rozsah grafických prací: přílohy dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 50
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


- [1] MAŠÍN, I. *Inovační inženýrství. Plánování a návrh inovovaného výrobku*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-852-6
[2] ŠEVČÍK, L. a kol. *PLM systém a principy návrhu výrobku*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. ISBN 978-80-7372-641-6
[3] MAŠÍN, I. a JIRMAN, P. *Metody systematické kreativity*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-853-3
[4] ULRICH, K. T. a EPPINGER, S.D. *Product Design and Development*. New York: McGraw-Hill/Irwin., 2004. ISBN 0-07-247146-8

Vedoucí diplomové práce: doc. Dr. Ing. Ivan Mašín
Katedra částí a mechanismů strojů
Konzultant diplomové práce: Ing. Zdeněk Šaur
DENSO MCZ, Liberec

Datum zadání diplomové práce: 14. listopadu 2014
Termín odevzdání diplomové práce: 25. května 2015


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 14. listopadu 2014

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 o právu autorském, zejména § 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne 09. 09. 2015

.....

Pavel Jandura

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Doc. Dr. Ing. Ivanu Mašínovi, mému vedoucímu Diplomové práce za cenné podněty a připomínky, které mně ochotně a trpělivě poskytoval při tvorbě diplomové práce.

Také bych chtěl poděkovat firmě Institut průmyslového inženýrství s.r.o za poskytnuté informace, které mi pomohly při realizaci této práce.

A v neposlední řadě bych chtěl poděkovat firmě Denso Manufacturing Czech s.r.o. a hlavně panu Ing. Zdeňku Šaurovi na jeho připomínky při řešení konstrukce výrobku a poté testování vyrobeného prototypu ve výrobním procesu kde se ověřila funkčnost navržená konstrukce.

TÉMA: INOVACE MANIPULAČNÍHO VOZÍKU

ANOTACE: Diplomová práce řeší inovaci zařízení určeného k vychystávání a transportu výrobků mezi operacemi ve firmě Denso Manufacturing Czech s.r.o. Inovace je zaměřena na návrh nového manipulačního vozíku. Po identifikaci požadavků zákazníka je vypracováno 5 variant možných řešení. Následně je vybrána jedna varianta, která je zpracovaná včetně výkresové dokumentace. Na závěr je inovace zhodnocena.

THEME: INNOVATION MANIPULATIONS CART

ANOTATION: This thesis solves the innovation of machine equipment intended for picking and transporting products between operations in the Denso Manufacturing Czech s.r.o company. Innovation is focused on creating new manipulations cart. After identifying requirements is made 5 variants of new solving. Subsequently, the chosen one option which is elaborate, including drawings. In conclusion, innovation is reviewed.

Klíčová slova:	inovace, vozík, QFD, DFX, VA/VE, funkčně-objektové analýzy
Zpracovatel:	TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů
Dokončeno:	2015
Archivní označení zprávy:	

Obsah

1.	ÚVOD	8
2.	ANALÝZA PODMÍNEK MANIPULACE	9
2.1	POPIS PŘEPRAVOVANÉHO VÝROBKU	9
2.2	POPIS BUDOUCÍHO MATERIÁLOVÉHO TOKU	9
2.3	POPIS SOUČASNÉ TRANSPORTNÍHO VOZÍKU	10
2.4	INOVAČNÍ ZÁMĚR	13
3.	ANALÝZA POTŘEB	14
4.	MODELOVÁNÍ INOVAČNÍHO PROBLÉMU	19
5.	PATENTOVÝ PRŮZKUM	23
6.	NÁVRH KONCEPTŮ	27
6.1	NÁVRH KONCEPTU Č. 1	27
6.2	NÁVRH KONCEPTU Č. 2	28
6.3	NÁVRH KONCEPTU Č. 3	29
6.4	NÁVRH KONCEPTU Č. 4	31
6.5	NÁVRH KONCEPTU Č. 5	32
6.6	VÝBĚR KONCEPTU	33
6.7	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	35
7.	ZPRACOVÁNÍ KONSTRUKČNÍ DOKUMENTACE	36
8.	PŘEZKOUMÁNÍ KONSTRUKČNÍHO NÁVRHU	37
8.1	PŘEZKOUMÁNÍ NÁVRHU POMOCÍ PRINCIPŮ DFA A DFM	37
8.2	PŘEZKOUMÁNÍ NÁVRHU METODOU VA/VE	39
8.3	PŘEZKOUMÁNÍ NÁVRHU METODOU FMEA-D	41
8.4	PEVNOSTNÍ ANALÝZA - SVAŘENEC RÁM SPODNÍ	45
8.5	PEVNOSTNÍ ANALÝZA – SVAŘENEC PLOŠINA	47
8.6	KONTROLNÍ VÝPOČET ŽIVOTNOSTI KULIČKOVÉHO POUZDRA	48
8.7	ZMĚNA KONSTRUKCE PLECHU PŘEDNÍHO	49
9.	ZHODNOCENÍ	50

Seznam symbolů

Popis	Symbol	Jednotky
Zatížení na kuličkové pouzdro	P	N
Zvolená síla zatížení	F	N
Vzdálenost působení zatížení	L_z	mm
Rozteč mezi kuličkovými pouzdry	L_p	mm
Počet kuličkových pouzder	i_p	-
nominální životnost	L	m
dynamická únosnost	C	N
nominální životnost v hodinách	L_h	h
délka zdvihu (tam a zpátky)	l_s	m
frekvence zdvihu (tam a zpátky)	n_s	min^{-1}
Mez kluzu	R_e	MPa

1. Úvod

Počet montážních operací v celosvětovém měřítku obecně neustále roste díky tomu, že kontinuálně roste jak komplexita, tak i sortiment výrobků. Progresivní výrobní postupy zajišťující výrobu strojírenských dílů pomocí jedné technologie, konstrukční řešení založené na tzv. platformách a využívání finální montáže pro diverzifikaci hotových strojírenských výrobků rovněž podporují zvýšení podílu montážních operací v rámci celého životního cyklu strojírenského výrobku.

Z výše uvedeného důvodu vyplývá, že je nutné neustále provádět kritický rozbor postupů automatizované resp. manuální montáže a inovovat je v souladu s požadavky jak podnikatelského prostředí, permanentního tlaku na snižování procesních nákladů, tak i z ohledu snižování ergonomické zátěže pracovníků zejména při manuální montáži.

Význam posledně zmíněného aspektu se v posledních dvou dekadách výrazně zvýšil. Je nutné si uvědomit, že během posledních deseti let se zásadně změnily podmínky na pracovním trhu. Generace pracovníků, kteří pracují na montážních pracovištích a linkách od roku 2000, bude vystavena ergonomické zátěži zhruba o deset let déle než generace předcházející. Z pohledu produktivní části lidského života se tak jedná o prodloužení doby exploatace člověka v pracovním procesu o cca 15 - 20%. Z tohoto důvodu je nutné se intenzivně zabývat inovací pracovních postupů manuální montáže, kterou vzhledem k vysokým nárokům na flexibilitu a nízké náklady nebude možné komplexně transformovat na montáž automatizovanou.

Následující diplomová práce je proto na základě výše uvedených argumentů zaměřená na inovaci vybrané manipulační pomůcky. Cílem předmětné inovace však není pouze snížení ergonomické zátěže na pracovníka, ale také zajistí optimální konstrukci na požadovanou funkci zařízení.

Dalším důležitým kritériem pro dnešní dobu je hledisko bezpečnostní. Firmy zabývající se hromadnou výrobou vyvíjejí tlak na dodavatele zařízení, aby navrhovaná zařízení měla bezpečnostní prvky, které zamezí zranění pracovníka. Bezpečnostní prvky by měli chránit pracovníka při nedodržení předepsaného používání zařízení, tak i při poruše zařízení.

2. Analýza podmínek manipulace

Předmětem práce je inovace manipulačního vozíku na materiálových tocích společnosti Denso Manufacturing Czech s.r.o. (dále jen DMCZ). Tato společnost je japonská mateřská společnost Denso Corporation, která tak reagovala na rostoucí trh v oboru automobilových klimatizací a potřebu přiblížit se svým evropským zákazníkům.

Firma DMCZ se zabývá výrobou klimatizační jednotky do automobilů a jejich komponenty. Mezi hlavní zákazníky společnosti DMCZ patří VW, AUDI, Škoda Auto, Lamborghini, TPCA a další automobilky.

2.1 Popis přepravovaného výrobku

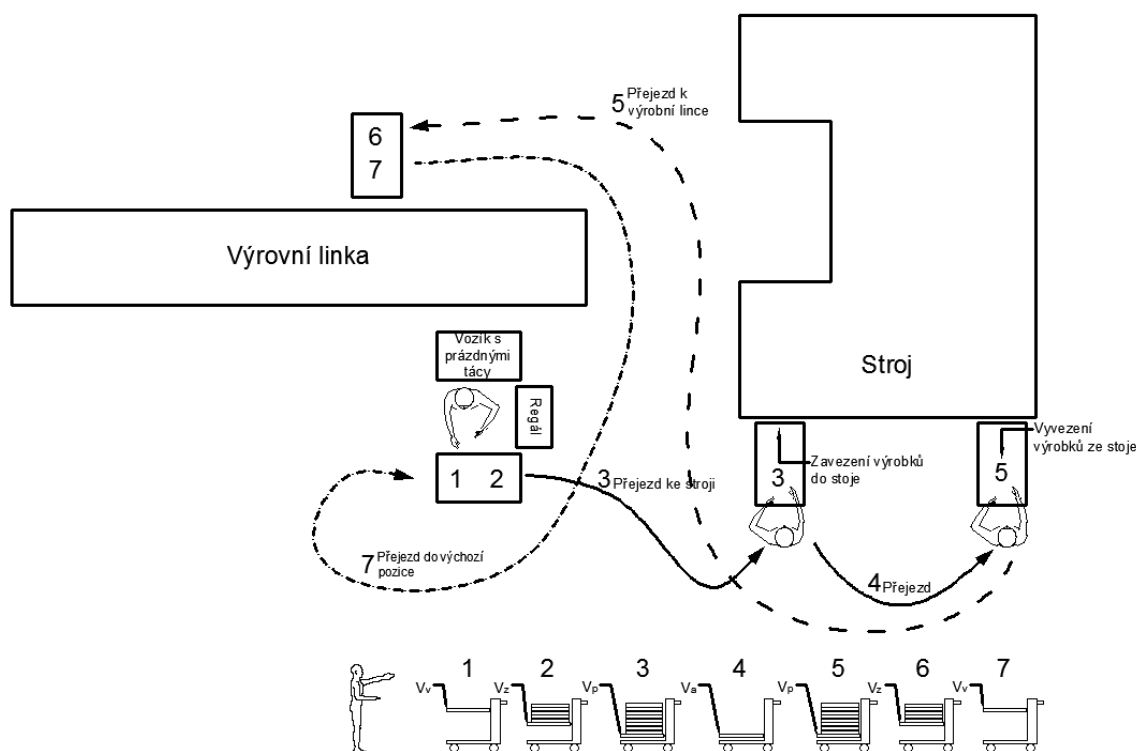
Transportovaný výrobek je kryt klimatizační jednotky na obr. 2.1, který se vyrábí v několika variantách délek. Do těchto krytů klimatizačních jednotek podle varianty a délky se zasouvají žebírka do předem připravených otvorů. Tyto výrobky se přesunou na montážní linku, kde dojde ke kompletaci s tělem klimatizační jednotky a tyto žebírka se na montážní operaci ke krytu připájí.



Obr. 2.1 Kryt klimatizační jednotky (vlevo), aplikace na výrobku (vpravo)

2.2 Popis budoucího materiálového toku

Díky různorodosti a počtu variant klimatizačních jednotek musela firma DMCZ dosavadní systém výroby a materiálového toku přehodnotit. Předmětem práce bylo zpracovat konstrukční návrh manipulačního prostředku pro plánovaný materiálový tok, který je znázorněn na obr. 2.2



Obr. 2.2 Lay-out budoucího výrobního procesu

Na pracovní pozici 1 a 2 pracovník přiveze prázdný vozík a začne nakládat obaly, do kterých vyskládá výrobky. Po naplnění potřebného množství obalů s výrobky vozík převezve ke stroji na pozici 3, kde obaly s výrobky zasune do stroje. Přesune se na pozici 5 a hotové výrobky s obaly naloží na vozík, které přiveze na výrobní linku (pozice 6 a 7), kde se výrobky dále zpracovávají a dochází k postupnému odebírání. Po odebrání všech obalů se spravovanými výrobky se vozík přesune na výchozí pozici.

2.3 Popis současné transportního vozíku

V obdobném výrobním programu a materiálovém toku se využívá manipulační prostředek, který je znázorněn na obr. 2.3 a 2.4.

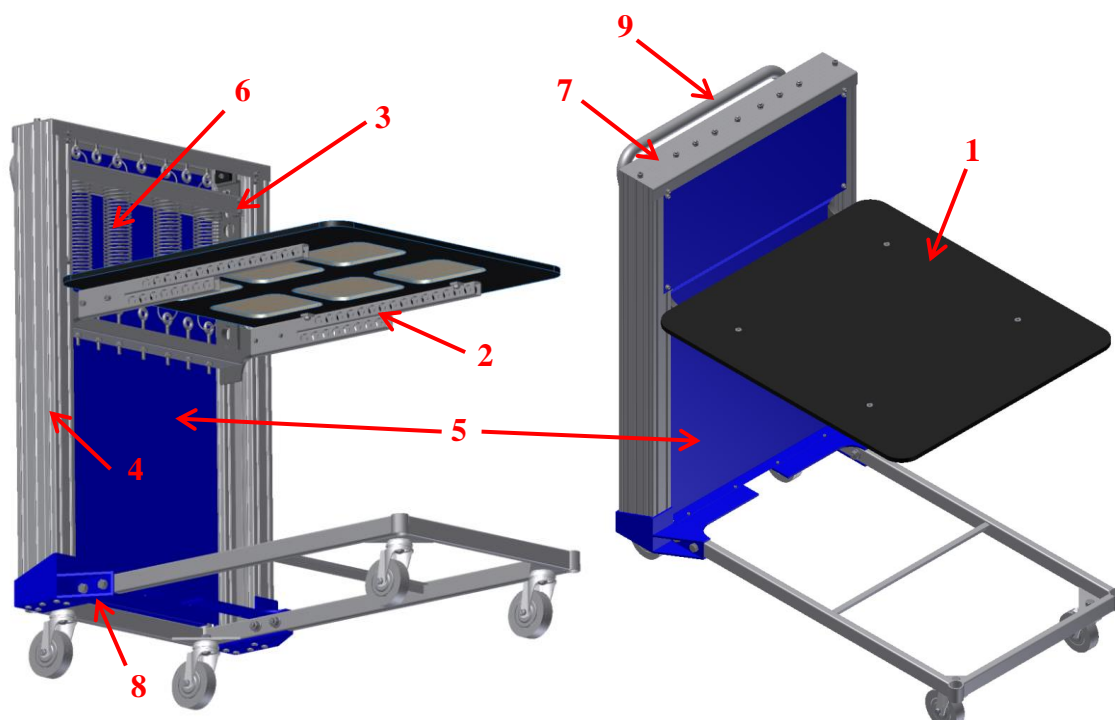
Transportní vozík je koncipován na převážení materiálu na zpevněné ploše. Na transportní deku se nakládá materiál a ta vlivem zatížení sjíždí dolů a při následném odebírání materiálu stoupá

Transportní deska (1) je překližka a síle 16 mm. Tato deska je přichycena na podpěry (2). Tyto podpěry jsou upevněny k pojezdovému mechanismus (3) uzavřeného ve vnitřní konstrukci transportního vozíku. Vodící část (4) pojezdu je přichycena k rámu vozíku (8) pomocí šroubů a skládá se z hliníkových profilů používaných na konstrukci

rámu strojů nebo pracovišť ve výrobě. Tyto profily tvoří písmeno U, na nichž jsou přidělané krycí plechy (5).

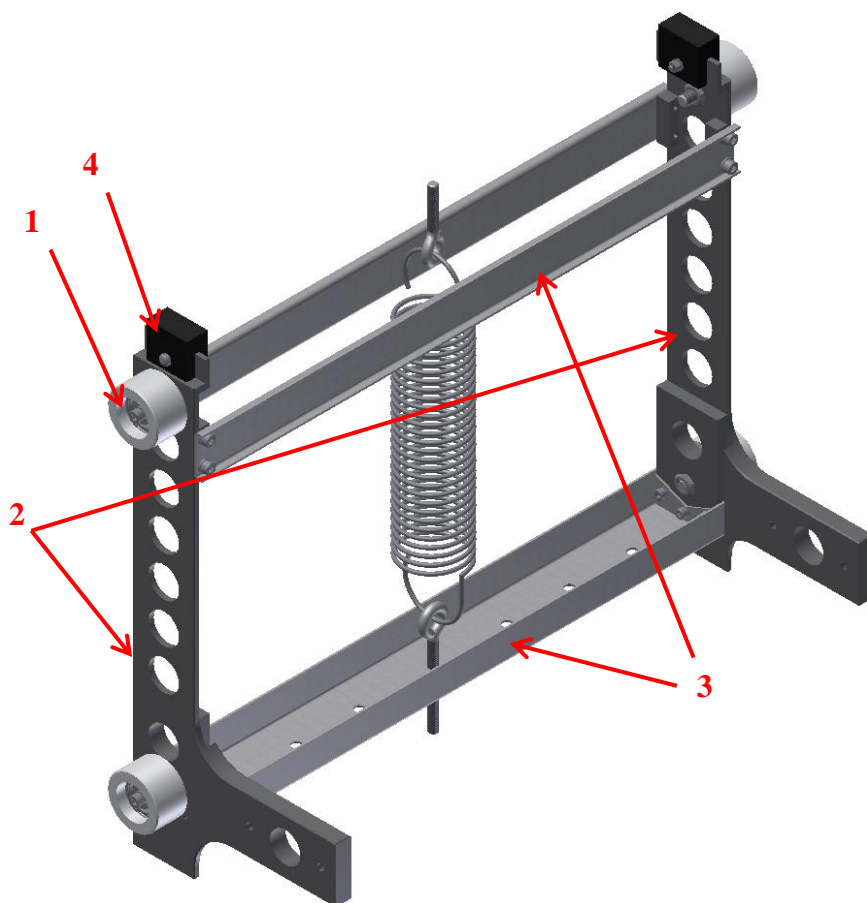
Pro akumulaci energie slouží až 5 tažných pružin (6), které se volí podle zatížení. Tyto pružiny jsou uchyceny k pojezdovému mechanismu (3) a hornímu krycímu plechu (7), upevněného k vodící části (4).

Všechny tyto části jsou uloženy na rámu vozíku s kolečky (8). Na zadní části rámu je upevněna tenkostěnná ohýbaná trubka (9), která slouží jako madlo pro pohodlnou manipulaci s vozíkem.



Obr. 2.3 Transportní vozík současný stav

Pojezdový mechanismus (Obr. 2.3) se skládá ze 4 silonových koleček s ložisky (1) a dvou ocelových ramen (2) spojených profilovanými plechy (3). Na horním konci ocelových ramen je připevněna guma (4), tlumící nárazy při rychlém odlehčení.



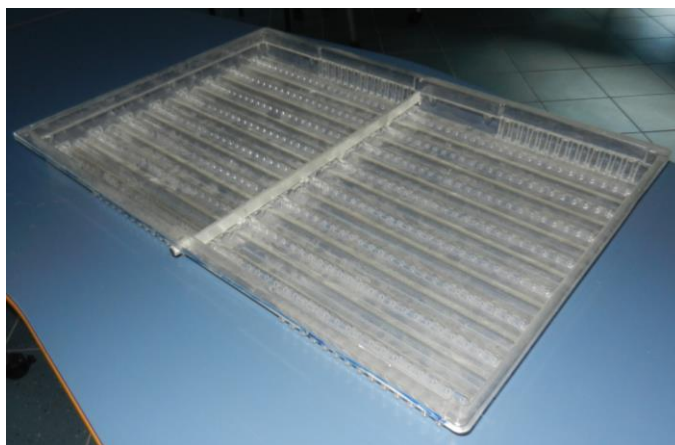
Obr. 2.4 Transportní vozík současný stav – pojezdový mechanismus

Vzhledem k změně výrobního programu nebude výše popsaná konstrukce vyhovovat požadavkům na manipulaci (např. změna balení polotovaru v interní logistice z velkoobjemových obalů typu KLT na maloobjemová plata (obr. 2.5) s orientovanými polotovary vyvolaná přechodem z manuálního doplňování výrobní linky na doplňování automatické). Tato změna vyvolala mj. jiné i změnu vlastního manipulačního prostředku, v rámci které bylo možné eliminovat nedostatky původní konstrukce, resp. zajistit poskytnutí nových funkcí a zlepšit ergonomické i bezpečnostní parametry.

Mezi nedostatky výchozího technického řešení patří:

- Současná transportní plocha nevyhovuje požadavkům transportovaného materiálu
- Celková nosnost vozíku je vysoká, ale konstrukce není dostatečně tuhá a ohýbá se.

- Velice rychlé opotřebení vodících koleček
- Nelineární chod pojezdu (zasekávání, drhnutí) způsobené nečistotami
- Veliká hmotnost vozíku s ohledem na transportovaný materiál
- Neergonomická poloha pracovní desky
- Nemožnost aretace přepravní desky při přesunu materiálu do stroje
- Zabezpečení transportní plošiny proti náhlému „vystřelení“



Obr. 2.5 Ukázka obalové jednotky

2.4 Inovační záměr

Na základě uvedených nedostatků a aktuálních potřeb DMCZ byl zformulován následující inovační záměr: „Zpracujte konstrukční návrh nového transportního vozíku pro manipulaci, který bude splňovat efektivní, ergonomické a bezpečnostní požadavky na nový materiálový tok a technologie výroby polotovaru krytu klimatizační jednotky ve společnosti DMCZ.“

Zřetel bude brán na změnu transportní plochy a úprava pojezdového mechanismu, tuhost konstrukce, bezpečnost a pohodlné používání transportního vozíku (např. navedení do stroje, ovládání, ...). Dalším důležitým faktorem je dohodnutá cena konstrukčního řešení a následná výroba prototypu.

3. Analýza potřeb

Inovační proces v současné době využívá pro stanovení cílových specifikací dva zásadní zdroje informací:

- analýza potřeb zákazníků
- analýza trendů rozvoje technických systémů

Metody pro identifikaci zákaznických potřeb vychází ze snahy vytvořit intenzivní informační tunel mezi zákazníky na cílovém trhu a pracovníky podílejícími se na inovaci technického výrobku. Předpokladem úspěchu je to, že členové inovačního týmu, kteří bezprostředně ovlivňují charakteristiku výrobku, musí být v přímém kontaktu se zákazníky a mít zkušenosti s chováním a používáním výrobku. Bez této přímé zkušenosti nemohou být technická řešení a zákonité kompromisy udělány dobře a tím pádem nebudou objevena skutečně inovační řešení. Cílem metod zaměřených na identifikaci zákaznických potřeb je proto zejména:

- identifikovat skryté i zřejmé potřeby zákazníků
- zajistit, že nebude opomínuta žádná zásadní potřeba
- umožnit ověření vazby mezi potřebami a charakteristikami výrobku
- zaznamenat informace o zákaznických potřebách
- usnadnit porozumění jednotlivým potřebám zákazníků. [4]

Pro primární sběr dat od zákazníků můžeme využít metody moderního marketingového průzkumu. Množina interpretovaných potřeb s vyjádřenou relativní významností neposkytuje zpravidla dostatek informací o tom, jak by měl být inovovaný výrobek technicky řešen a zkonstruován. Z tohoto důvodu je nutné se systematicky zabývat tím, jak přesně a měřitelně popsat co musí výrobek mít, obsahovat či umět. Tomuto formálnímu popisu říkáme výrobkové charakteristiky, což jsou vybrané elementární charakteristiky technického řešení, kterými jsou plněny specifikované funkční požadavky resp. potřeby zákazníků. Výrobková charakteristika se vždy skládá z parametru a jeho hodnoty vyjádřené ve fyzikálních jednotkách. Výrobkové charakteristiky nahrazují zákaznické potřeby a jsou informačním vstupem do fáze návrhu konceptu inovovaného výrobku i konstrukčního řešení systému, podskupin a

dílů. Z tohoto důvodu je důležité specifikovat výrobní charakteristiky maximálně abstraktně tak, aby členové inovačního týmu měli „dostatek prostoru“ pro hledání inovačního řešení při návrhu konceptu a následném konstrukčním řešení výrobku.

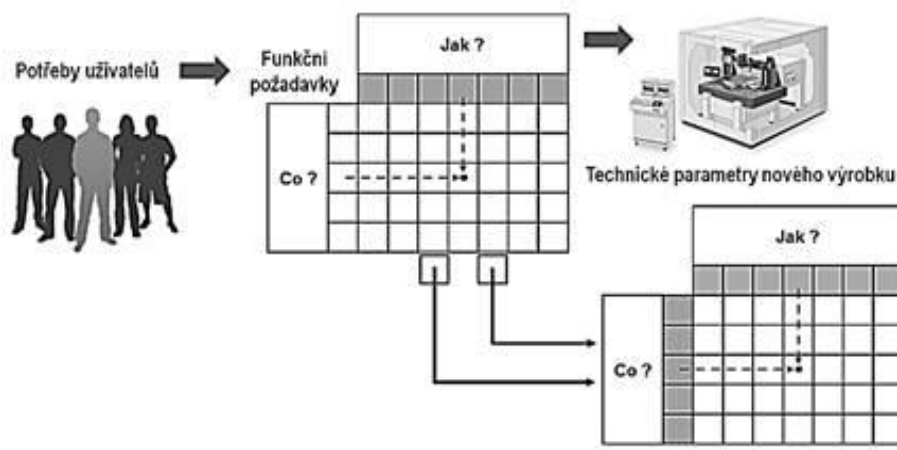
Obecný postup určování výrobních charakteristik inovovaných technických produktů spočívá v těchto krocích:

1. subjektivní vytvoření seznamu fyzikálně měřitelných parametrů výrobku, které jsou relevantní vzhledem k identifikovaným potřebám zákazníků resp. funkčním požadavkům na výrobek
2. návrh cílových či kritických hodnot těchto parametrů
3. porovnání s konkurenčními výrobky
4. revize navržených hodnot parametrů.

Při realizaci tohoto postupu se využívá několik metod, z nichž dominantní je metoda QFD (*Quality Function Deployment*) popsaná např. v [3] nebo [4].

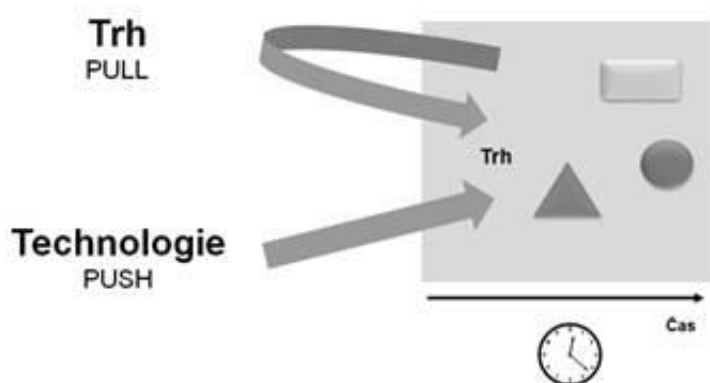
Metoda QFD se zaměřuje na důkladnou analýzu zákaznických potřeb, které dále rozpracovává přes všechny fáze inovačního procesu od vývoje, konstrukce, výroby až po servis. Lze ji také popsat jako metodu, která transformuje "zákaznickovy potřeby" na opatření a úkoly, které mohou být dále rozpracovány napříč celou organizační strukturou.

Metoda QFD využívá principů tzv. korelačních matic (obr. 3.1), v kterých se obecně specifikuje síla statistické závislosti (korelace) položek uvedených ve vodorovné ose (např. funkčních požadavků) na položkách uvedených v ose svislé (např. charakteristik inovovaného výrobku).



Obr. 3.1 Kaskáda korelačních matic [4]

Běžný přístup k transformaci potřeb na výrobní charakteristiky je orientován zpravidla pouze na transformaci primárních požadavků zákazníků či uživatelů. V současnosti však je problematické zahrnovat do inovačních příležitostí pouze tyto informace vzhledem k tomu, že uživatelé často nemají dostatečné odborné znalosti s poznatky o „možnostech současných technologií“ resp. nemají přístup k informacím o trendech v jednotlivých oblastech techniky. Proto musí být využívány při specifikaci výrobních charakteristik inovovaných výrobků i tyto „neuvědomělé“ (latentní, skryté) potřeby zákazníků a informační zdroje musí být vzájemně kombinovány (obr. 3.2).



Obr. 3.4 Informační zdroje pro stanovení výrobních specifikací [4]

Při stanovení výrobních specifikací jsem tedy na základě současných poznatků použil tyto metody:

- metodu QFD (část tzv. domu jakosti)
- analýzu trendů v oblasti výrobní ergonomie a stárnutí populace (tzv. aging).

Výpis měřitelných parametrů k posouzení konstrukce transportního vozíku:

- Celková Hmotnost vozíku [kg]
- Šířka vozíku [mm]
- Výška vozíku [mm]
- Délka vozíku [mm]
- Životnost vozíku [h]
- Čas na přenastavení [min]
- Interval mezi údržbami [h]

- Čas údržby vozíku [h]
- Síla při manipulaci s vozíkem [N]
- Síla při rozjezdu vozíku [N]
- Síla na zastavení vozíku [N]
- Odporová síla pojezdu [N]
- Síla na navedení do stroje [N]
- Síla potřebná na přesun materiálu z vozíku a na vozík [N]
- Minimální světlost [mm]
- Poloměr zatáčení [mm]
- Maximální výška odebírání [mm]
- Minimální výška odebírání [mm]
- Maximální náklon vozíku [mm]
- Čas na přesun materiálu z vozíku [s]
- Čas na přesun materiálu na vozík [s]
- Čas navedení do stroje [s]
- Přesnost navedení do stroje [mm]
- Maximální nosnost vozíku[kg]
- Aretace transportní plošiny [Ano/ne]
- Zajištění přepravovaných výrobků[Ano/ne]
- Zajištění polohy vozíku [Ano/ne]
- Pohonná media [Ano/ne]
- Vizualizace ovládacích prvků [Ano/ne]
- Maximální počet přepravovaných obalů [ks]
- Minimální počet přepravovaných obalů [ks]

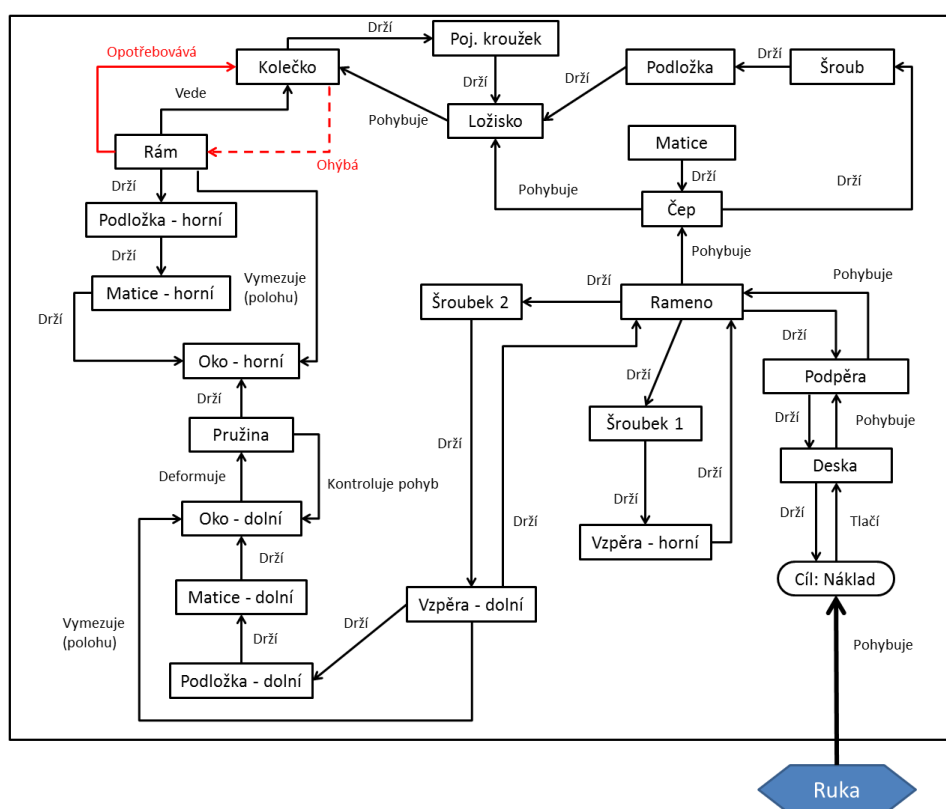
Na základě subjektivního posouzení relevantnosti těchto parametrů jsem vybral parametry uvedené ve sloupcích tab. 3.1

Tab. 3.1 QFD

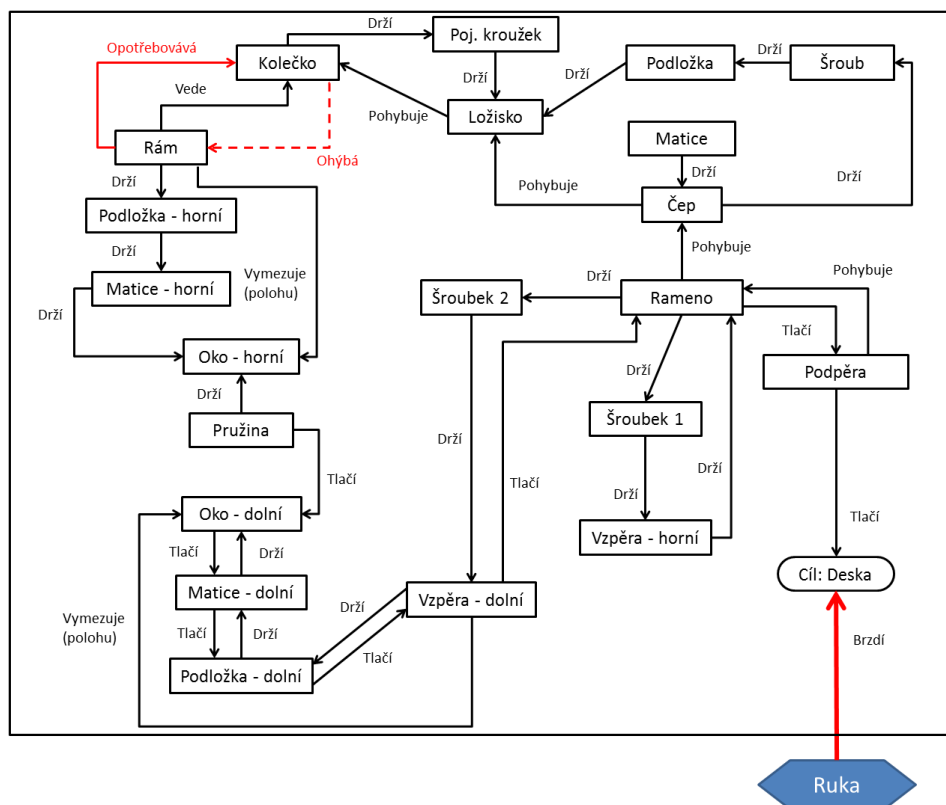
Výrobek, podskupina		Parametry inovovaného produktu		Celková hmotnost	Šířka vozíku	Výška vozíku	Životnost vozíku	Čas na přenastavení	Interval mezi údržbami	Síla při manipulaci s vozíkem	Minimální výška odebrání	Čas navedení do stroje	Maximální nosnost vozíku	Areál přepravní plochy	Zajištění přepravovaných výrobků	Vizuální ovládací prvky		
QFD (Hod)	Index	Popis	Podskupina	[kg]	[mm]	[mm]	[h]	[h]	[h]	[N]	[mm]	[s]	[kg]	[mm]	[h]	[h]		
QFD (Hod)	Požadavek zákazníka																	
	1	Nízká ergonomická zátěž při nakládání	9	0	0	9	81	0	0	0	0	9	81	0	0	3	27	
	2	Nízká ergonomická zátěž při převozu	7	9	63	3	21	3	21	0	0	9	63	0	0	9	63	
	3	Nízká ergonomická zátěž při vykládání	9	0	0	9	81	0	0	0	0	9	81	0	0	3	27	
	4	Využitelnost pro více linek	6	0	9	54	1	6	0	1	6	0	0	3	18	0	1	
	5	Snadné navedení do stroje	7	3	21	0	1	7	0	0	0	0	9	63	0	9	63	
	6	Snadné seřizování vozíku	5	0	0	0	0	0	9	45	0	0	0	0	0	0	0	
	7	Nepoškození výrobků při manipulaci	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	3	27	
	8	Vysokou bezpečnost při používání	10	1	10	3	30	3	30	0	3	30	0	0	9	90	0	3
	9	Minimální potřeba při odtavení vozíku	4	0	0	9	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	10	Snadná údržba	5	0	0	0	0	9	45	0	9	45	0	0	0	0	0	
	11	Vysoká životnost pohyblivých dílů	7	3	21	0	0	9	63	0	0	0	0	1	7	0	0	
	12	Hygiena	3	1	3	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	
	13	Používání do nejvíce nakupovaných dílů	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	1	
	14	Rozpoznání stavů ovládacích prvků	6	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	18	1	
Navrhovaná hodnota (návrh inovačního týmu)			60 kg	550 mm	1100 mm	30000 h	0,25 h	4000 h	80 N	800 mm	5 s	80 kg	ANO	ANO	ANO	ANO		
Charakter parametru (M = lepší, V = horší, C = definovaná hodnota)			M	M	M	V	M	V	V	M	V	M	V	C	C	C		
Technický benchmarking (konkurence, předchůdci) - hodnota			68 kg	650 mm	1180 mm	20000 h	0,5 h	2100 h	150 N	720 mm	12 s	70 kg	NE	NE	NE	NE		
Významnost	absolutní		124	141	226	138	51	78	93	162	72	136	114	246	84	5,0%		
	relativní		7,4%	8,5%	13,6%	8,3%	3,1%	4,7%	5,6%	9,7%	4,3%	8,2%	6,8%	14,8%	5,0%	5,0%		
Cílová hodnota návrhu			55 kg	540mm	1047mm	30000 h	0,3 h	3500 h	72 N	820 mm	4 s	80 kg	ANO	ANO	ANO	ANO		

4. Modelování inovačního problému

Modelování funkcí se provádí z důvodu pochopení technického systému v jeho struktuře, plnění funkcí a jejich důsledků a sestavení zadání pro zdokonalení technického systému [1]. Metodu využívanou pro účely modelování inovačních problémů je v současné době tzv. funkčně-objektová analýza. Hlavním cílem funkčně-objektové analýzy je identifikovat nedostatky analyzovaného systému a tím pádem definovat problém spojený s technickým systémem při jeho dalším zdokonalování. Základem funkčně-objektové analýzy je sestavení funkčního modelu [2] zahrnující jak hlavní funkci systému tak funkce jeho komponent. Funkce je v případě funkčně-objektové analýzy definována jako „... působení vykonané materiálním objektem ke změně nebo zachování parametrů jiného materiálního objektu“. [1]. Výsledky funkčně-objektové analýzy pro subsystém „rameno s deskou“ a různé operační časy jsou ilustrovány obr. 4.1 a 4.2



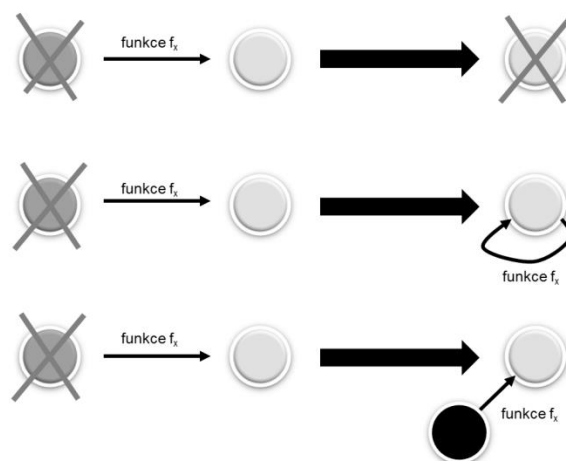
Obr. 4.1 Funkční model pro subsystém „rameno s deskou“ v čase t_1 (nakládání jednotlivých výrobků na vozík)



Obr. 4.2 Funkční model pro subsystém „rameno s deskou“ v operačním čase t_2
(vyložení nákladu z vozíku)

Funkčně-objektová analýza je častým východiskem pro tzv. trimming, kterým označujeme systematické zjednodušování struktury technického systému ve směru ideálnosti. Pro trimming platí tři základní pravidla, která lze uplatnit po vytvoření úplného modelu funkcí (obr. 4.3):

- A. Komponentu technického systému lze odstranit, jestliže odstraníme objekt funkce odstraňované komponenty.
- B. Komponentu technického systému lze odstranit, jestliže funkci odstraňované komponenty plní sám objekt funkce.
- C. Komponentu technického systému lze odstranit, jestliže funkci odstraňované komponenty plní zbývající prvky technického systému nebo nadsystému.



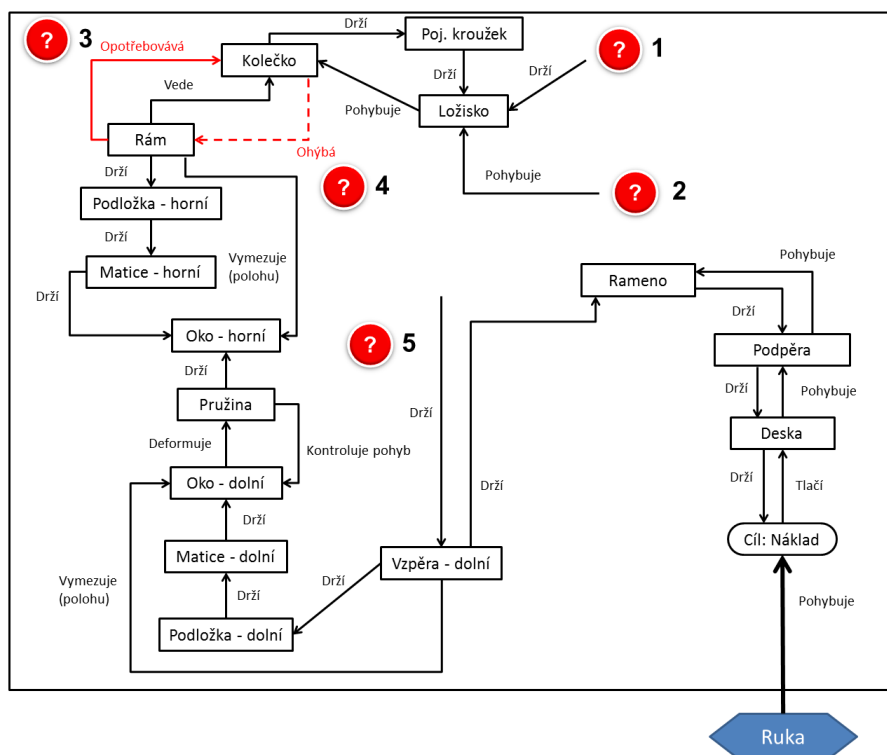
Obr. 4,3 Pravidla trimmingu pro odstranění komponenty z technického systému [3]

Po sestavení modelů zjednodušujících strukturu technického systému „rameno s deskou“ a různé operační časy

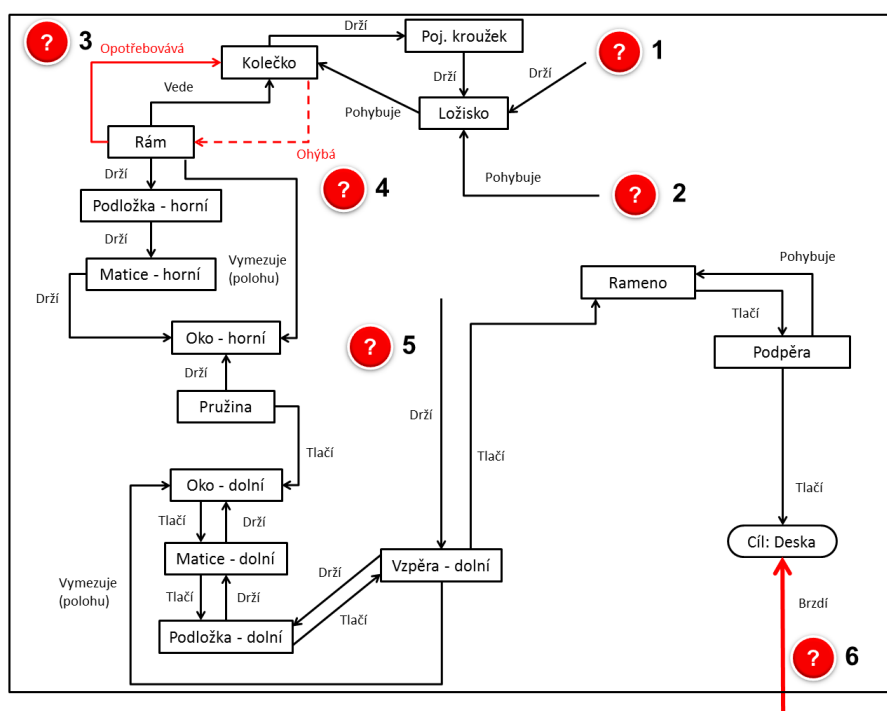
(obr. 4.4 a 4.5) jsem zformuloval následující otázky resp. přesnější inovační zadání:

- Otázka č. 1: Čím držet ložisko kolečka?
- Otázka č. 2: Jakým způsobem uvádět ložisko do pohybu?
- Otázka č. 3: Technické řešení zabraňující velkému opotřebení koleček?
- Otázka č. 4: Jakým způsobem zabráni nadměrnému ohýbání rámu?
- Otázka č. 5: Čím upevnit vzpěru dolní?
- Otázka č. 6: Jakým technickým řešením brzdit desku bez použití lidské ruky v operačním čase t_2 (vyložení nákladu z vozíku)?

Tyto otázky se staly základem pro vyhledávání již známých technických řešení v oblasti manipulační techniky nebo vyhledávání řešení v jiných oborech techniky.



Obr. 4.4 Funkční model zjednodušeného subsystému „rameno s deskou“ v čase t_1
(nakládání jednotlivých výrobků na vozík)



Obr. 4.5 Funkční model zjednodušeného subsystému „rameno s deskou“ v operačním čase t_2 (vyložení nákladu z vozíku)

5. Patentový průzkum

Při generování konceptu inovovaného technického výrobku a po zformulování inovačních problémů jsem se zaměřil na průzkum již známých řešení, který by dle metodiky moderního inovačního inženýrství [3] měl vždy předcházet kreativnímu řešení problémů. Pro tuto fázi inovačního procesu jsem využil tyto zdroje:

- Google Patents [5]
- databázi Espacenet [6]
- databázi Patentinspiration [7]

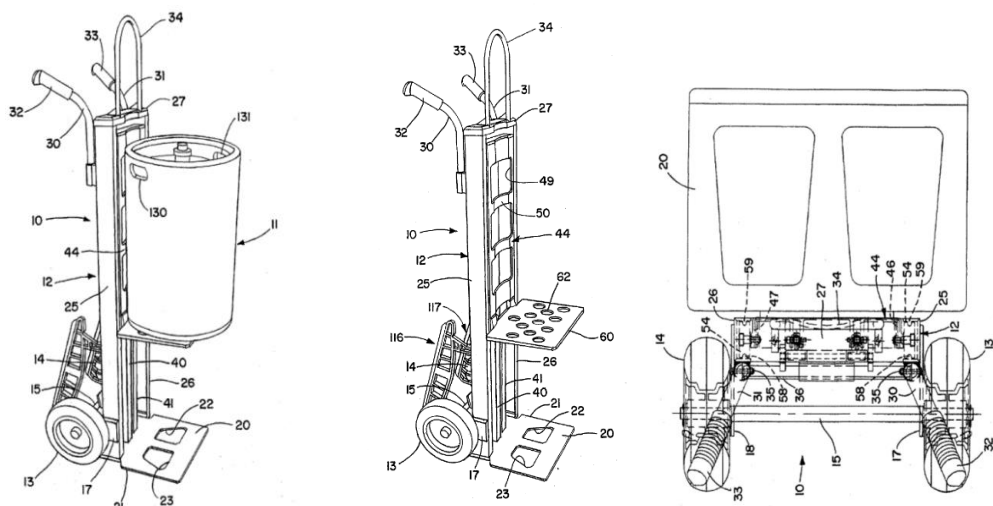
Předmětem mého zájmu se staly zejména informace o technických řešeních těchto problémů:

- blokování vzhůru tlačené desky
- řízení ergonomické pracovní výšky

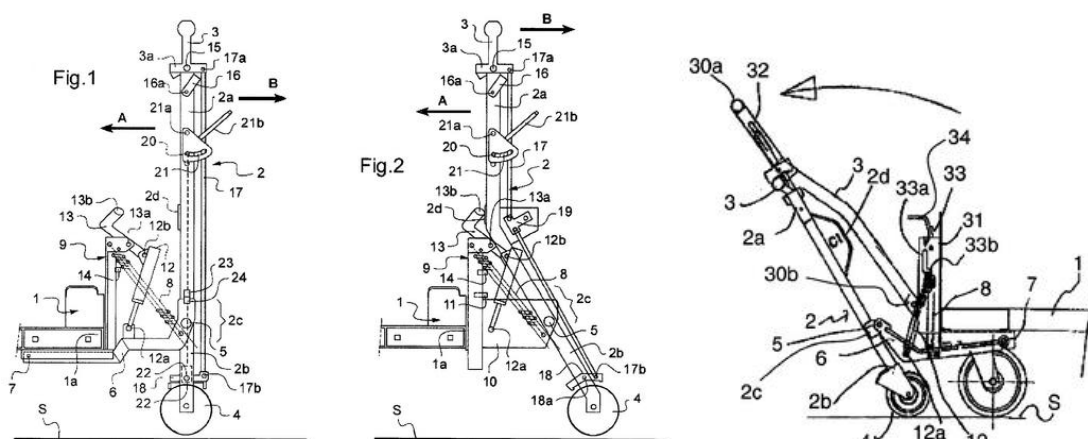
Tyto specifické problémy jsem v souladu např. s metodikou TRIZ [1] převedl na tzv. typické problémy a formuloval generalizované funkce:

- brzdit – objekt na začátku pohybu (parametry: rychlost a čas zabrzdění, směr pohybu)
- řídit – polohu desky (parametr: ergonomie).

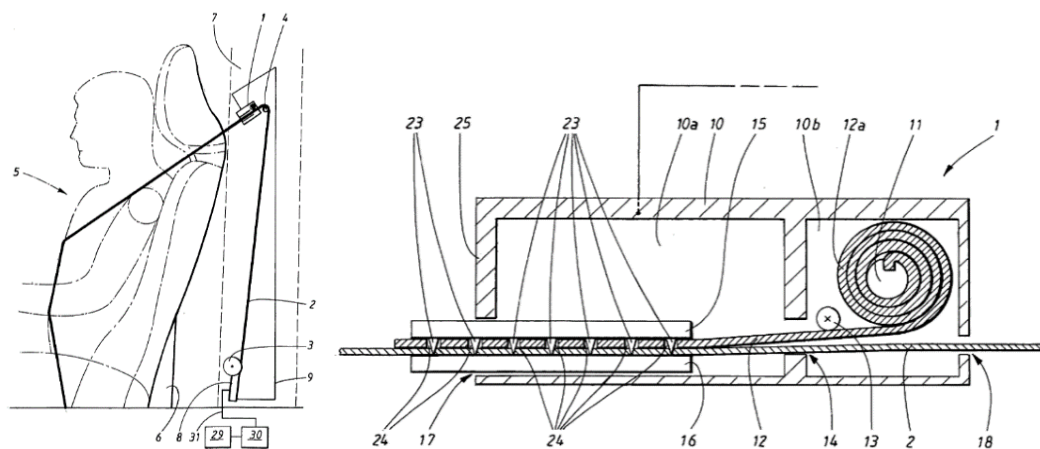
Část relevantních výsledků patentového průzkumu, při kterém jsem využil jak techniku dotazování pomocí klíčových slov (*key words*), tak i moderní formy funkčně orientovaného vyhledávání (*function-oriented search*) jsou uvedeny na obr. 5.1 až 5.4 a v tabulce 5.1.



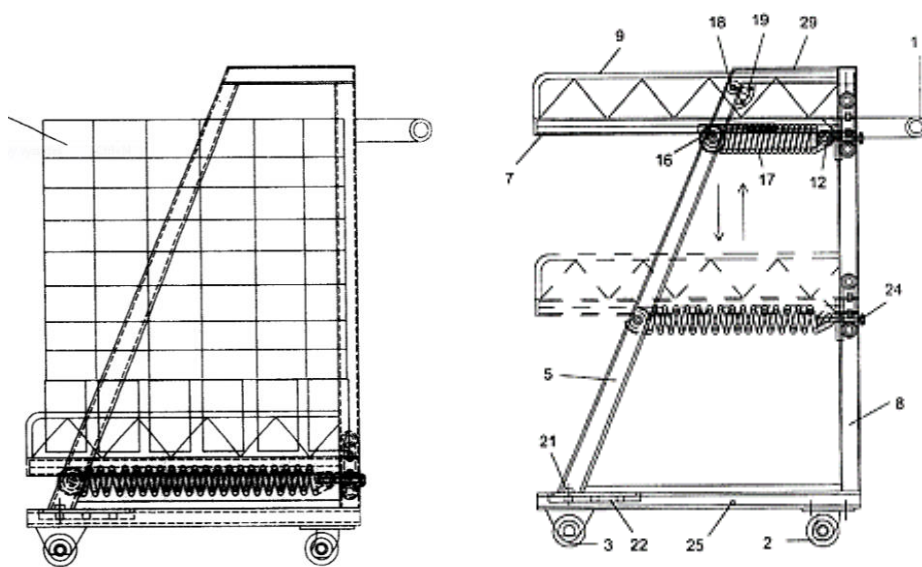
Obr. 5.1 Ergonomický manipulační prostředek využívající plynové pružiny (patent US2014001721) [8]



Obr. 5.2 Vozík s ergonomicky řešenou fází rozjezdu (patent EP2540593A2) [9]



Obr. 5.3 Bezpečnostní pás s členem absorbujícím energii (patent EP1457Pat396) [10]



Obr. 5.4 Vozík s vertikální pružinou (patent CN2936872) [11]

Tab. 5.1 Přehled zjištěných možností, jak vykonat funkci „brzdit objekt“

Technický princip	Využitý fyzikální efekt (působení, pole)	Příklady aplikací zjištěné funkčně-orientovaným vyhledáváním
tření	<ul style="list-style-type: none"> • mechanický (Me) • tepelný (Te) • elektrický (El) • magnetický (Ma) 	<ul style="list-style-type: none"> • Me: hydraulická třecí brzda • Te: brzda s komponentou s tvarovou pamětí • El: brzda využívající piezo-elektrický efekt • Ma: elektromagnetická brzda
blokování	<ul style="list-style-type: none"> • mechanický (Me) • magnetický (Ma) 	<ul style="list-style-type: none"> • Me: rohatka-západka • Me: bezpečnostní pás - mechanický • Ma: bezpečnostní pás – se solenoidem
deformování	<ul style="list-style-type: none"> • mechanický (Me) • elektrický (El) 	<ul style="list-style-type: none"> • Me: deformace pružné látky nebo vaku • El: elektro-mechanický aktuátor
zatížení	<ul style="list-style-type: none"> • mechanický (Me) • chemický (CHe) • elektrický (El) • magnetický (Ma) 	<ul style="list-style-type: none"> • Me: využití protizávaží • CHe: brzda využívající změnu viskozity • El: využití vířivých proudů • Ma: brzda využívající Ampérův zákon magnetické síly

Patentový průzkum byl doplněn o průzkum komerčně dostupných manipulačních prostředků, které vykonávají požadované funkce resp. požadavky na předmětný manipulační prostředek. Příklady těchto prostředků jsou uvedeny na obr. 5.5.



Obr. 5.5 Příklady komerčně dostupných manipulačních prostředků plnících požadované funkce pomocí různých fyzikálních principů [12] [13] [14] [15] [16] [17]

Výše uvedené i další poznatky získané patentovým průzkumem, funkčně-orientovaným vyhledáváním i průzkumem trhu se staly východiskem pro generování konceptů inovovaného manipulačního prostředku.

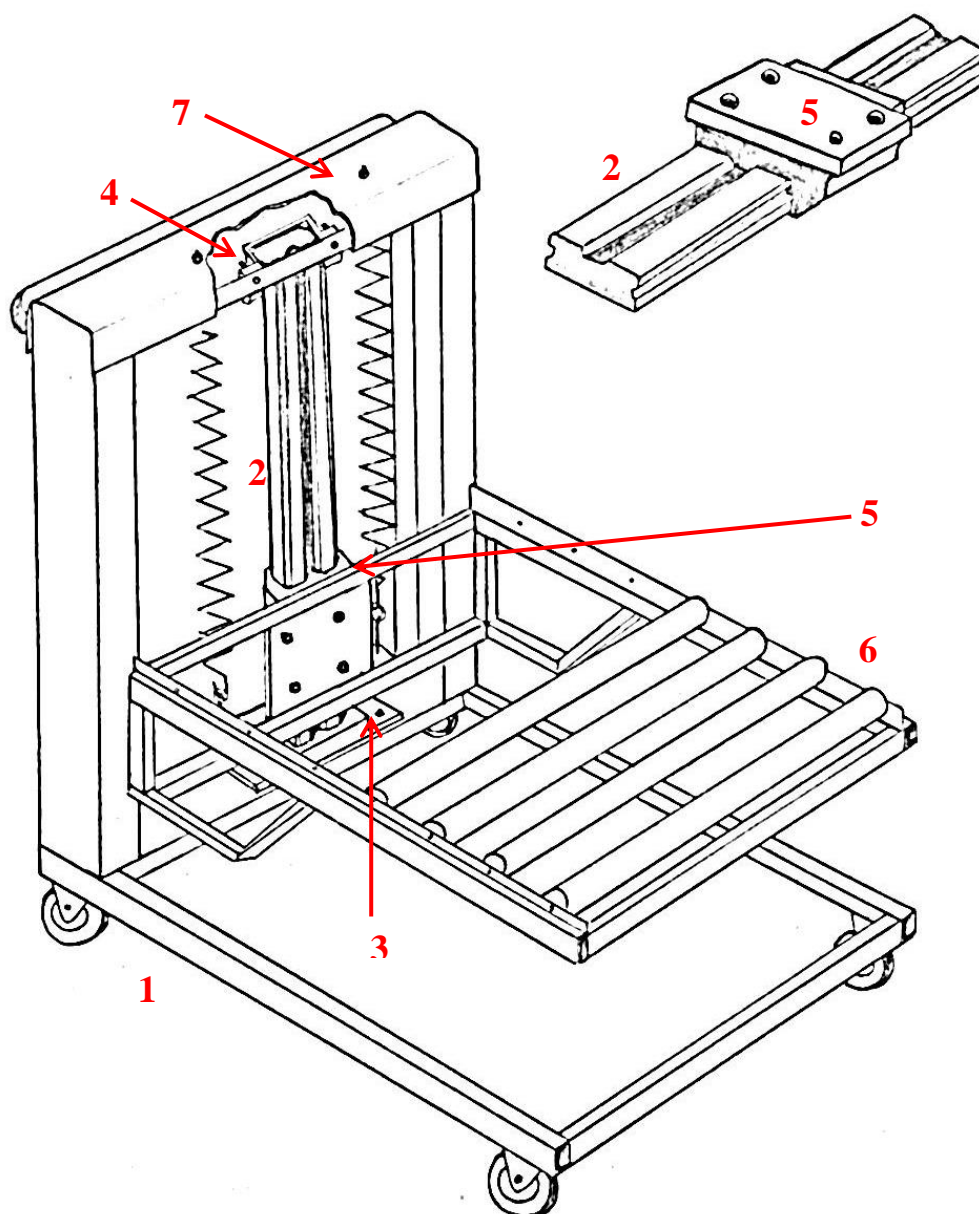
6.Návrh konceptů

V této kapitole bude představeno pět vlastních návrhů konceptů manipulačního vozíku. Po vygenerování těchto konceptů bude vybrán vítězný koncept, který bude podrobně rozpracován. Výběr bude proveden na základě porovnání jednotlivých řešení konceptů.

6.1 Návrh konceptu č. 1

Koncept č. 1 (obr. 6.1) je návrh na transportní vozík s upravenou transportní plošinou podle přání zákazníka. Transportní plošina slouží pro přepravu obalů s výrobky ve výrobním procesu. Transportní plošina má za úkol při postupném zatěžování klesat tak, aby byla zachována konstantní pracovní poloha pro vyskládání dalších výrobků do obalů.

Koncept č. 1 se skládá ze svařeného rámu s kolečky a madlem (1). Na rámu je upevněn pojezdový mechanismus lineárního vedení s oběhovými kuličkami (2). Přichycený na spodní části rámu používá domeček pro vodící lištu (3) a na horní části sponu (4). Vše je připevněno šrouby pro jednoduchou výměnu. Pojezdový mechanismus se skládá z tvarové vodící lišty a tzv. domečku (5). Na domeček je připevněna transportní plošina (6). K domečku jsou ještě chyceny pružiny a druhý konec pružin je přichycen na horní krycí plech (7) konstrukce připevněný na rám vozíku (1). Tyto pružiny slouží k akumulaci energie.



Obr. 6.1 Koncept č. 1

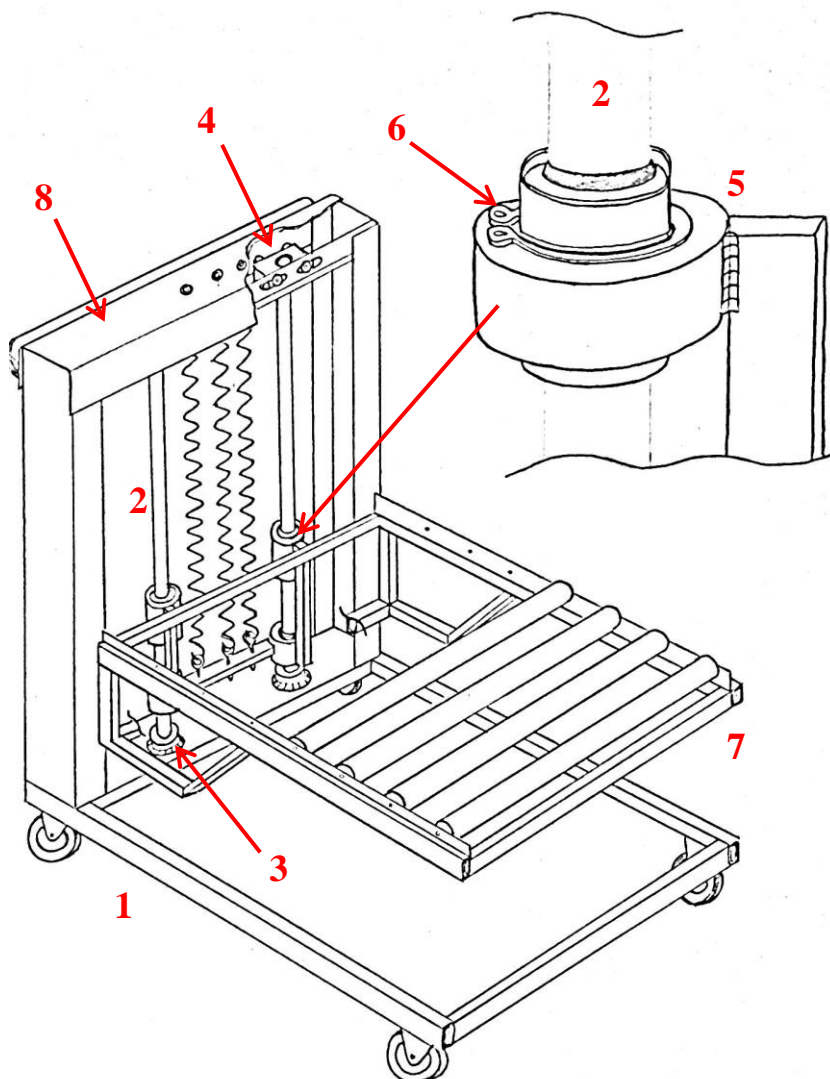
6.2 Návrh konceptu č. 2

Koncept č. 2 (obr. 6.2) je návrh na transportní vozík s upravenou transportní plošinou podle přání zákazníka. Transportní plošina slouží pro přepravu obalů s výrobky ve výrobním procesu. Transportní plošina má za úkol při postupném zatěžování klesat tak, aby byla zachována konstantní pracovní poloha pro vyskládání dalších výrobků do obalů.

Koncept č. 2 se skládá ze svařeného rámu s kolečky a madlem (1). Na rámu jsou upevněny pojezdové tyče (2), které k přichycení na spodní části rámu používají šroubový spoj a vymezovací kroužek (3) připevněný k rámu vozíku pro přesné

vymezení polohy vodících tyčí. Na horní části se vodící tyče zasunou do domečku (4) pro upevnění vodících tyčí a ten se upevní pomocí šroubového spoje k rámu vozíku.

Pojezdový mechanismus se skládá z vodících tyčí a kuličkového pouzdra (5). Kuličková pouzdra jsou uchycena s obou stran v transportní plošině pojistnými kroužky (6). K transportní plošině (7) jsou přichyceny pružiny a druhý konec pružin je upevněn na horní krycí plech (8) připevněný k rámu vozíku (1). Tyto pružiny slouží k akumulaci energie.



Obr. 6.2 Koncept č. 2

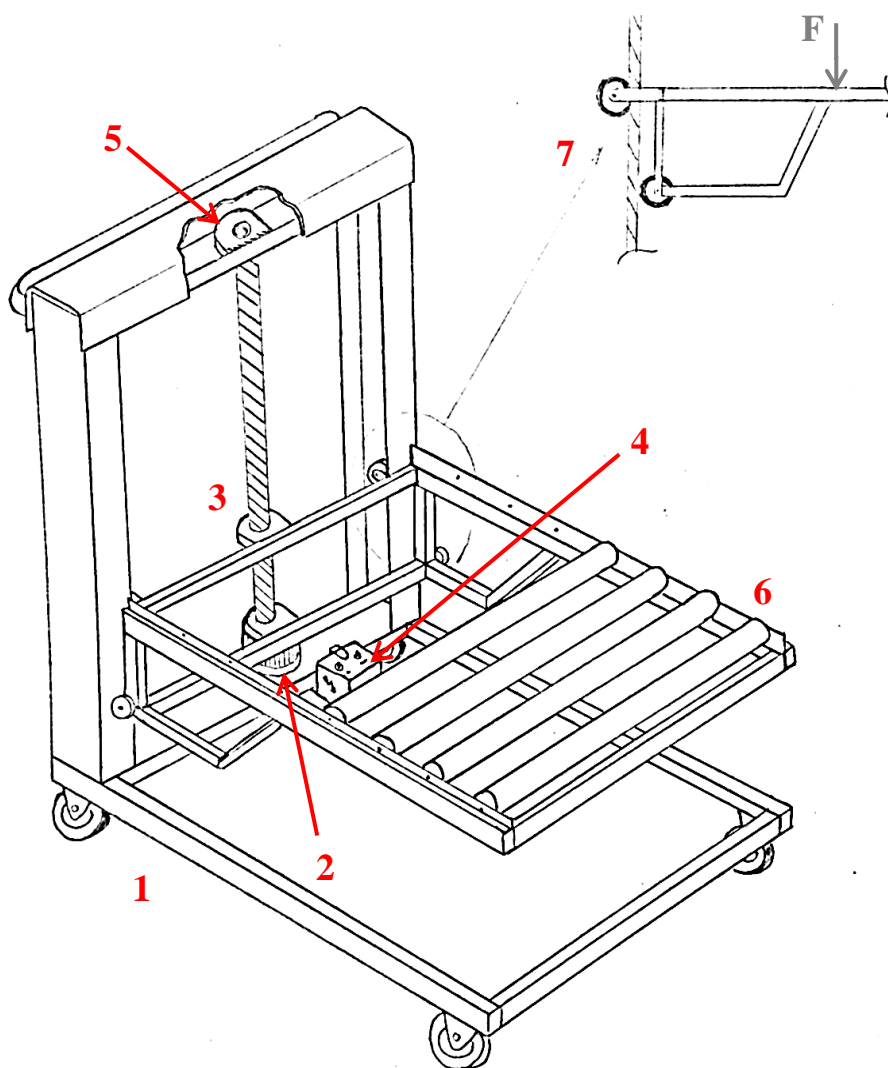
6.3 Návrh konceptu č. 3

Koncept č. 3 (obr. 6.3) je návrh na transportní vozík s upravenou transportní plošinou podle přání zákazníka. Transportní plošina slouží pro přepravu obalů s výrobky ve výrobním procesu. Transportní plošina má za úkol při postupném

zatěžování klesat tak, aby byla zachována konstantní pracovní poloha pro vyskládání dalších výrobků do obalů.

Koncept č. 3 se skládá ze svařeného rámu s kolečky a madlem (1). K rámu je uchycen elektromotor (2) s pohybovým šroubem (3), dále baterie (4), slouží k napájení elektroniky vozíku. Pohybový šroub je připevněn ve spodní části k elektromotoru a na druhé straně k domečku s ložiskem. Ložiskový domeček (5) je připevněn k rámu vozíku šrouby. Elektromotor s pohybovým šroubem posouvají plošinu (6) podle nastavených parametrů v závislosti na zatížení podle předepsaného nastavení. Řízení se provádí pomocí programovatelného řídicího systému. Zpětná vazba do řídicí jednotky by se kontrolovala čidly na přítomnost obalu v nastavené ergonomické poloze pro práci.

K vedení plošiny slouží pojezdová kolečka (7) jezdící po svislém rámu vozíku. Kolečka jsou uložena jak uvnitř rámu tak vně, aby byl co nejlépe přenášen moment vznikající od zatížení transportní plošiny.

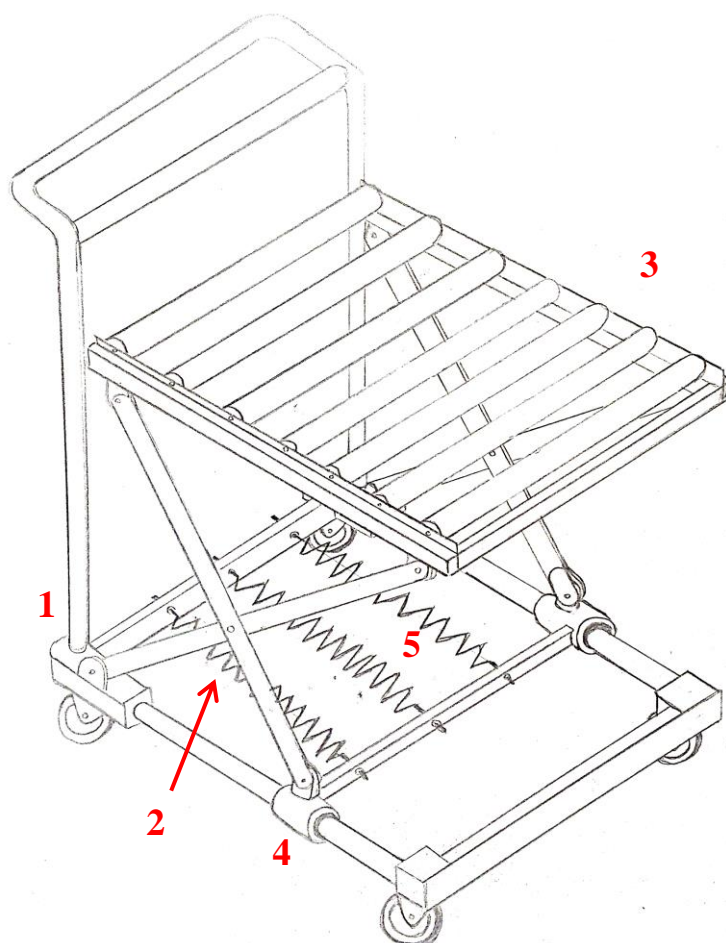


Obr. 6.3 Koncept č. 3

6.4 Návrh konceptu č. 4

Koncept č. 4 (obr. 6.4) je návrh na transportní vozík s upravenou transportní plošinou podle přání zákazníka. Transportní plošina slouží pro přepravu obalů s výrobky ve výrobním procesu. Transportní plošina má za úkol při postupném zatěžování klesat tak, aby byla zachována konstantní pracovní poloha pro vyskládání dalších výrobků do obalů.

Koncept č. 4 se skládá z rámu s kolečky a madlem (1). V rámu jsou upevněny vodící tyče (2) pro kuličková pouzdra. Využívá se principu nůžkového zvedáku, kdy na horní části je pevně uchycena transportní plošina (3) v čepech. Na spodní části je jedno rameno pevně uchyceno v otočných čepech a v druhém rameni jsou domečky pro kuličková pouzdra (4), které jezdí po vodících tyčích (2). Pro akumulaci energie slouží pružiny (5) uchycené ve spodní části vozíku. Jeden konec pružin je uchycen pevně k rámu a druhý k posuvnému rameni s domečky pro kuličková pouzdra.



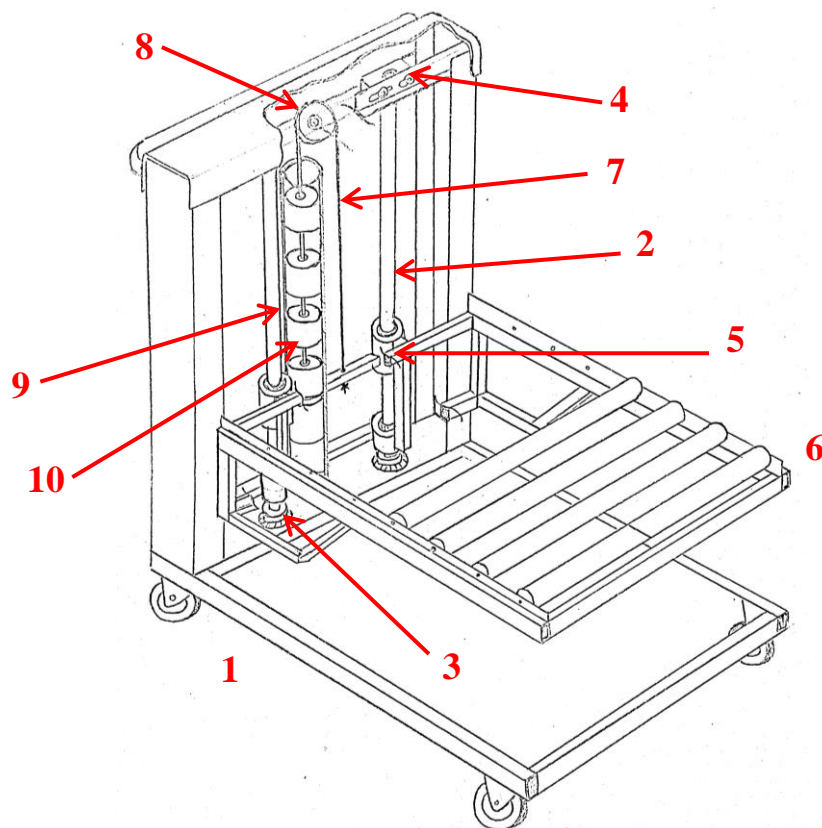
Obr. 6.4 Koncept č. 4

6.5 Návrh konceptu č. 5

Koncept č. 5 (obr. 6.5) je návrh na transportní vozík s upravenou transportní plošinou podle přání zákazníka. Transportní plošina slouží pro přepravu obalů s výrobky ve výrobním procesu. Transportní plošina má za úkol při postupném zatěžování klesat tak, aby byla zachována konstantní pracovní poloha pro vyskládání dalších výrobků do obalů.

Koncept č. 5 se skládá ze svařeného rámu s kolečky a madlem (1). Na rámu jsou upevněny pojezdové tyče (2), které k přichycení na spodní části rámu používají šrouby a vymezovací kroužky (3) připevněný k rámu vozíku pro přesné vymezení polohy vodících tyčí. Na horní části se vodící tyče zasunou do domečku (4) pro upevnění vodících tyčí a ten se upevní pomocí šroubového spoje k rámu vozíku.

Pojezdový mechanismus se skládá z vodící tyčí a kuličkového pouzdra (5). Kuličková pouzdra jsou uchycena s obou stran v transportní plošině pojistnými kroužky. K transportní plošině (6) je uchyceno lanko (7), a přes kladku (8) v horní části vozíku. Na lanku jsou upevněna závaží (10) vedena v plastovém tubusu (9). Při zatěžování transportní plošiny dochází k postupnému zvedání závaží vyrovnávající zátěž na transportní plošině.



Obr. 6.5 Koncept č. 5

6.6 Výběr konceptu

Výběr finálního konceptu inovovaného výrobku je proces, při kterém se zabýváme zhodnocením vygenerovaných dílčích konceptů, porovnáním těchto konceptů navzájem i jednotlivě a výběrem jednoho konceptu pro další vývoj, zlepšování a testování.

K tomuto účelu se využívá celá řada metod s různou úrovní objektivního a subjektivního pohledu:

- intuitivní výběr - koncept je vybírán na základě pocitů
- externí posouzení konceptu - koncept je rozebírán se zákazníky, experty atd.
- výběr osobních preferencí – jednotliví členové týmu volí svého „favorita“
- volba – každý člen týmu volí několik navržených konceptů, přičemž vítězí koncept s největším počtem hlasů
- analýza silných a slabých stránek – inovační tým sestaví seznam slabých a silných stránek jednotlivých konceptů
- testování prototypů – testují a hodnotí se prototypy, vzniklé na základě jednotlivých konceptů tzn. Výběr je založen na údajích z testování
- rozhodovací matice – tým oceňuje každý koncept na základě předem stanovených kritérií, která mohou mít různé váhy [3]

Výběr konceptu pomocí uvedených metod umožní inovačnímu týmu:

- dosáhnout konkurenceschopného řešení
- umožní snadnější koordinaci inovačního procesu
- zkrátit čas pro uvedení výrobku na trh
- zefektivnit práci týmu
- zajistit dokumentaci o rozhodovacím procesu [3]

V mém konkrétním případě zvolím výběr finálního konceptu pomocí rozhodovacích matic. V této tabulce jsou hodnotícím kritériem i procentuální váhy, které rozhodují o výsledném vyhodnocení konceptů. Vážená hodnota je volena subjektivním vyhodnocením jednotlivce nebo týmu nebo požadavkem zákazníka.

Hodnocení mělo rozsah stupnice 1 nejhorší až 5 nejlepší.

Váhy hodnotících parametrů:

Cena vozíku 15%: transportní vozík bude používán a vyráběn ve větším množství
Zákazník dbal, aby byla cena co nejnižší.

Hmotnost konstrukce 10%: transportní vozík bude používán v sériové výrobě, a proto
musí být co nejlehčí, aby ho mohli obsluhovat i slabší jedinci.

Střední hodnota cca 60 kg (odhad)

Tuhost konstrukce 9%: požadavek zákazníka aby nedocházelo k ohýbání a byla
zaručená vysoká bezpečnost.

Subjektivní hodnocení

Energetická závislost 12%: vysoké provozní zatížení komponent a požadavek záruky
Ano 1, Ne 5

Přesnosti posuvu plošiny v závislosti na zatížení 15%: zákazník požadoval co největší
přesnost tak aby byla dodržena konstantní pracovní výška pro práci.

Posuzování linearity posuvu v závislosti na zatížení

Přenastavení 8%: časová náročnost na změnu nastavení při změně výrobní dávky.

Subjektivní hodnocení

Údržba 8%: náročnost údržby a časové intervaly mezi nimi.

Subjektivní hodnocení

Složitost konstrukce 6%: cílem je co nejjednodušší konstrukce pro rychlou stavbu a
údržbu

Subjektivní hodnocení

Design 5%: požadavek zákazníka aby se nové vozíky podobaly již zavedeným ve
výrobě.

Subjektivní hodnocení

Bezpečnost 5%: posouzená konstrukce na možná rizika úrazu.

Životnost 7%: transportní vozík bude používán v sériové výrobě, a proto komponenty
musí mít zaručenou životnost při vysokém zatížení

Střední hodnota cca 30 000 hod. (časté používání)

Tab. 6.1 Výběr konceptů

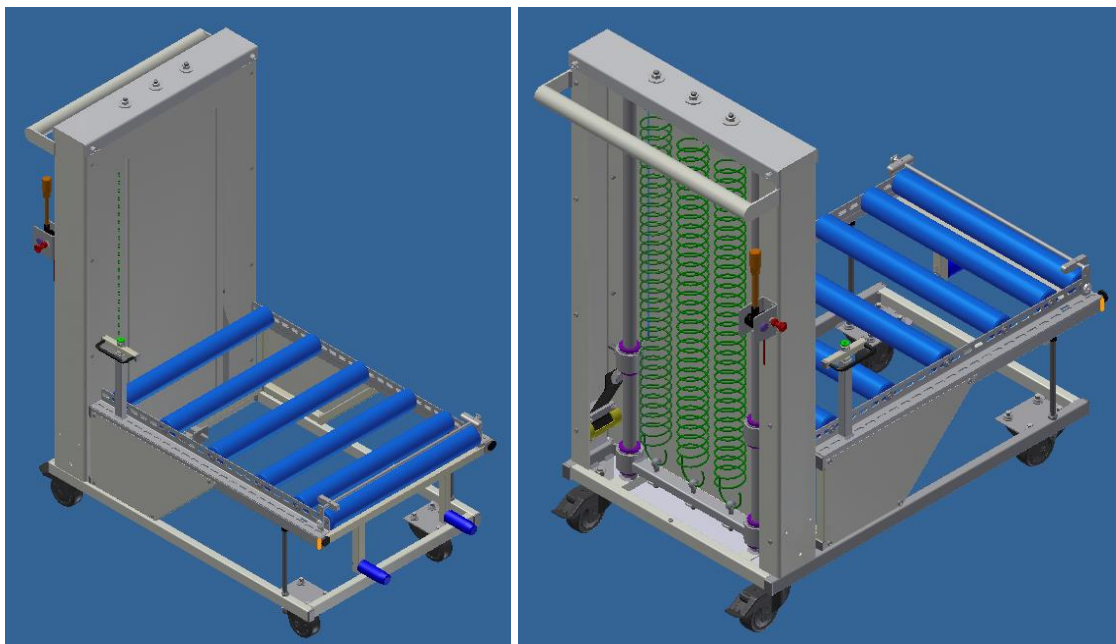
Kritérium	Váha	Koncept									
		1		2		3		4		5	
		Hod.	V. h.	Hod.	V. h.	Hod.	V. h.	Hod.	V. h.	Hod.	V. h.
Cena vozíku	15%	2	0,3	3	0,45	1	0,15	4	0,6	4	0,6
Hmotnost konstrukce	10%	3	0,3	4	0,4	2	0,2	5	0,5	1	0,1
Tuhost konstrukce	9%	2	0,18	3	0,27	3	0,27	5	0,45	3	0,27
Energetická závislost	12%	5	0,6	5	0,6	1	0,12	5	0,6	5	0,6
Přesnosti posuvu plošiny v závislosti na zatížení	15%	3	0,45	3	0,45	5	0,75	2	0,3	4	0,6
Přenastavení	8%	3	0,24	3	0,24	5	0,4	3	0,24	1	0,08
Údržba	8%	2	0,16	4	0,32	3	0,24	3	0,24	4	0,32
Složitost konstrukce	6%	5	0,3	3	0,18	4	0,24	4	0,24	3	0,18
Design	5%	4	0,2	4	0,2	3	0,15	1	0,05	4	0,2
Bezpečnost	5%	4	0,2	4	0,2	2	0,1	1	0,05	4	0,2
Životnost	7%	3	0,21	4	0,28	3	0,21	2	0,14	4	0,28
součet		3,14		3,59		2,83		3,41		3,43	
pořadí		4.		1.		5.		3.		2.	

6.7 Vyhodnocení výsledků

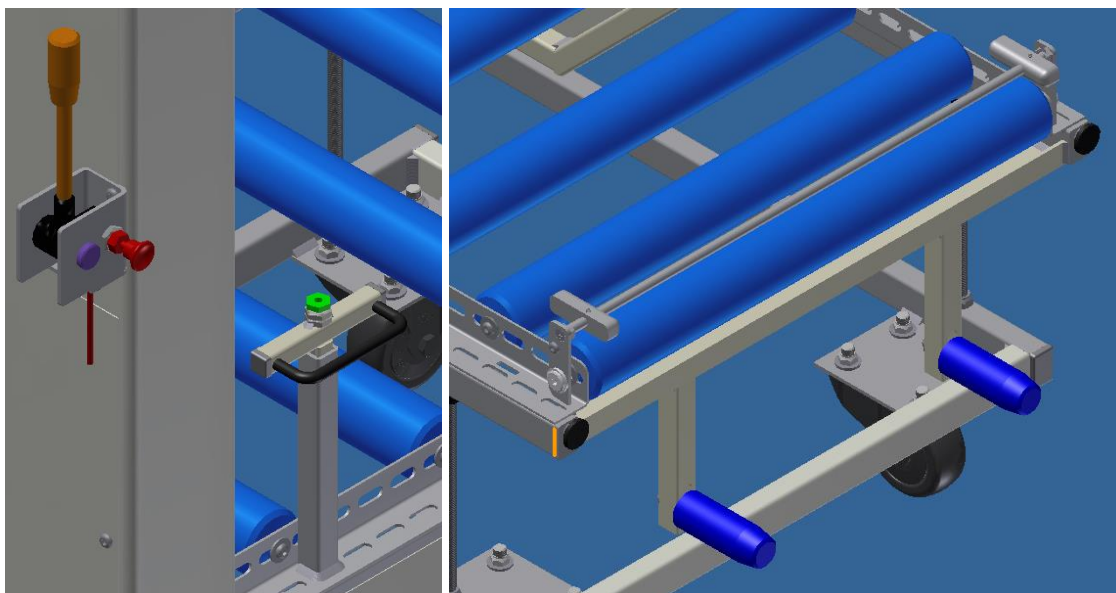
Na základě podrobného výběru vyšel jako nejvhodnější koncept transportního vozíku koncept číslo 2. Jelikož nejsou výsledné hodnoty z výběru úplně přesvědčivé a rozdíl mezi některými návrhy jsou minimální, byly návrhy ještě posouzeny zákazníkem. I přesto byl vybrán koncept číslo 2.

7. Zpracování konstrukční dokumentace

Tato kapitola diplomové práce řeší konstrukční zpracování navrženého a zoptimalizovaného návrhu. Konstrukční dokumentace dílů, sestav a svařenců je obsažena v příloze a na CD.



Obr. 7.1 Sestava vozík pohled přední (vlevo), Sestava vozík pohled zadní bez krytu zadního (vpravo)



Obr. 7.2 Ovládací prvky vozíku (vlevo), Pohle na zábranu plošiny a naváděcí kolíky (vpravo)

8. Přezkoumání konstrukčního návrhu

Potřeba přezkoumání konstrukčního návrhu (tzv. *design review*) je dána protichůdnými tlaky na současné technické inovace – zvyšování složitosti (komplexity) výrobků a zkracováním doby pro uvedení inovovaného výrobku na trh. Při využití metod pro přezkoumání konstrukčního návrhu je možné snadněji zajistit to, že konečné technické řešení odpovídá potřebám uživatelů, plní funkční požadavky, vyhovuje nákladovým omezením, nevyvolává zvýšená rizika či má dostatečnou spolehlivost. V případě této diplomové práce jsem pro přezkoumání konstrukčního návrhu inovovaného manipulačního prostředku resp. jeho sub-systému použil následující formální metody:

DFMA (*Design for Manufacture and Design for Assembly*)

VA/VE (*Value Analysis / Value Engineering*)

FMEA-D (*Failure Mode and Effects Analysis – Design*)

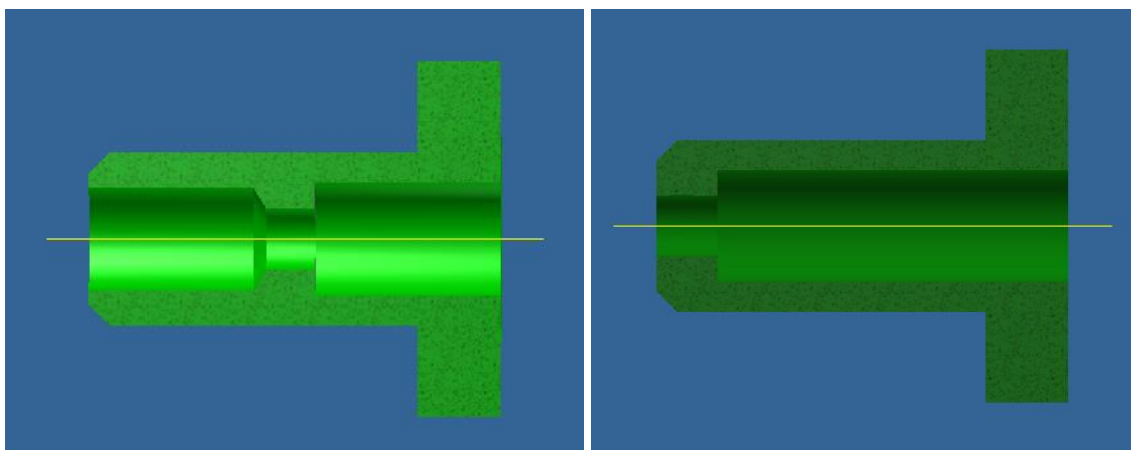
8.1 Přezkoumání návrhu pomocí principů DFA a DFM

Jedním ze základních faktorů úspěchů inovovaného produktu na trhu jsou výrobní náklady. Výrobní náklady vyjadřují, kolik stojí produkt nebo služba, pokud zohledníme náklady všech funkcí, které se na výrobě produktu podílejí (jednicové náklady, náklady na materiál, náklady na manipulaci apod.). Jednou z významných možností jak tyto náklady pozitivně ovlivnit je využívání metod, které se souhrnně označují jako *Design for X* (DFX). Cílem těchto metod je zajištění nízkých nákladů již ve fázi návrhu. Do skupiny metod DFX patří např.:

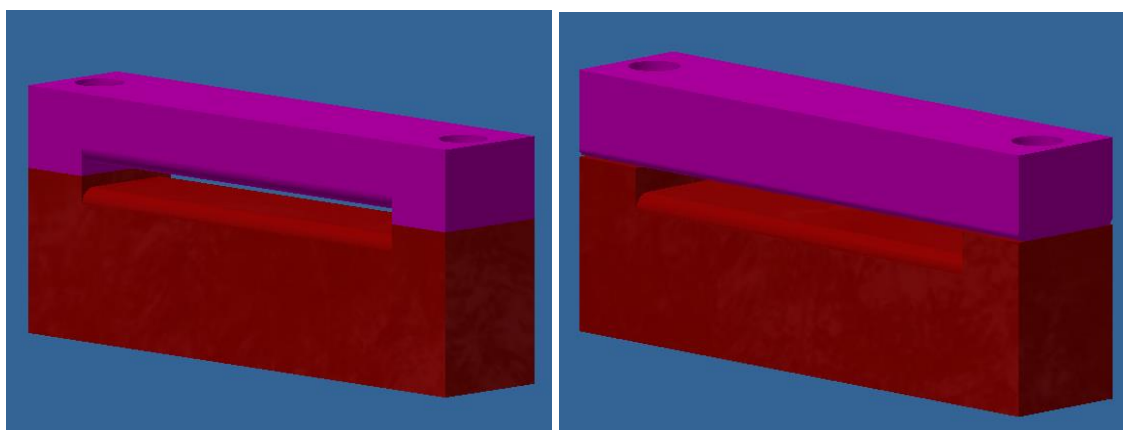
- *Design for Manufacture* (DFM) – konstruování s ohledem na výrobu
- *Design for Assembly* (DFA) – konstruování s ohledem na montáž
- *Design for Disassembly* (DFD) - konstruování s ohledem na demontáž
- *Design for Environment* (DFE) - konstruování s ohledem na životní prostředí
- *Design for Maintainability* (DFMT) – konstruování s ohledem na snadnou údržbu
- *Design for Packing* (DFP) – konstruování s ohledem na snadné balení apod. [3]

Na základě využití metod DFA a DFM jsem výchozí konstrukční návrh korigoval a upravil v těchto bodech:

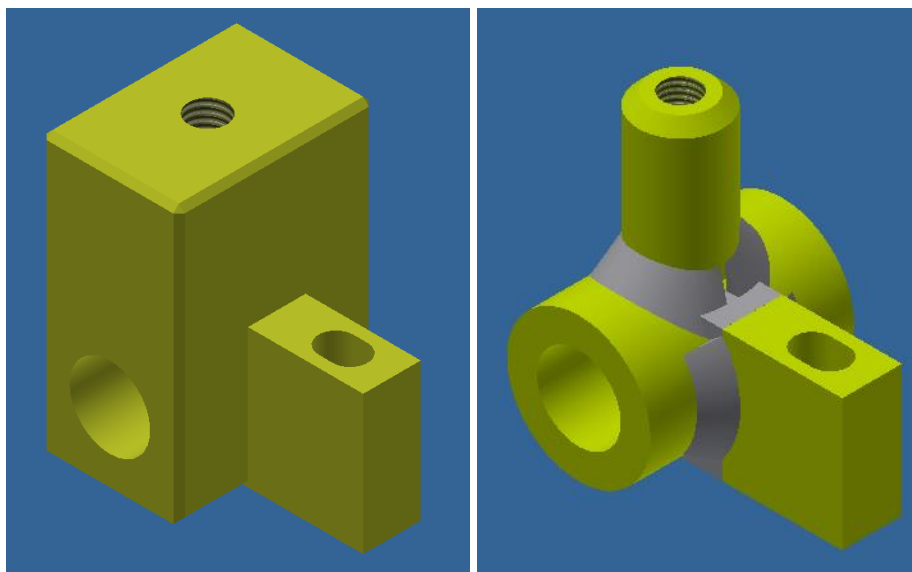
- a) Napínák bowdenu (obr. 8. 1)
- b) Vedení pásu 1, 2 (obr. 8.2)
- c) Páka aretace (obr. 8.3)



Obr. 8.1 Změna konstrukčního řešení komponenty napínák (před a po změně)



Obr. 8.2 Změna konstrukčního řešení komponent vedení pásu 1, 2 (před a po změně)



Obr. 8.3 Změna konstrukčního řešení komponenty páka aretace (před a po změně)

8.2 Přezkoumání návrhu metodou VA/VE

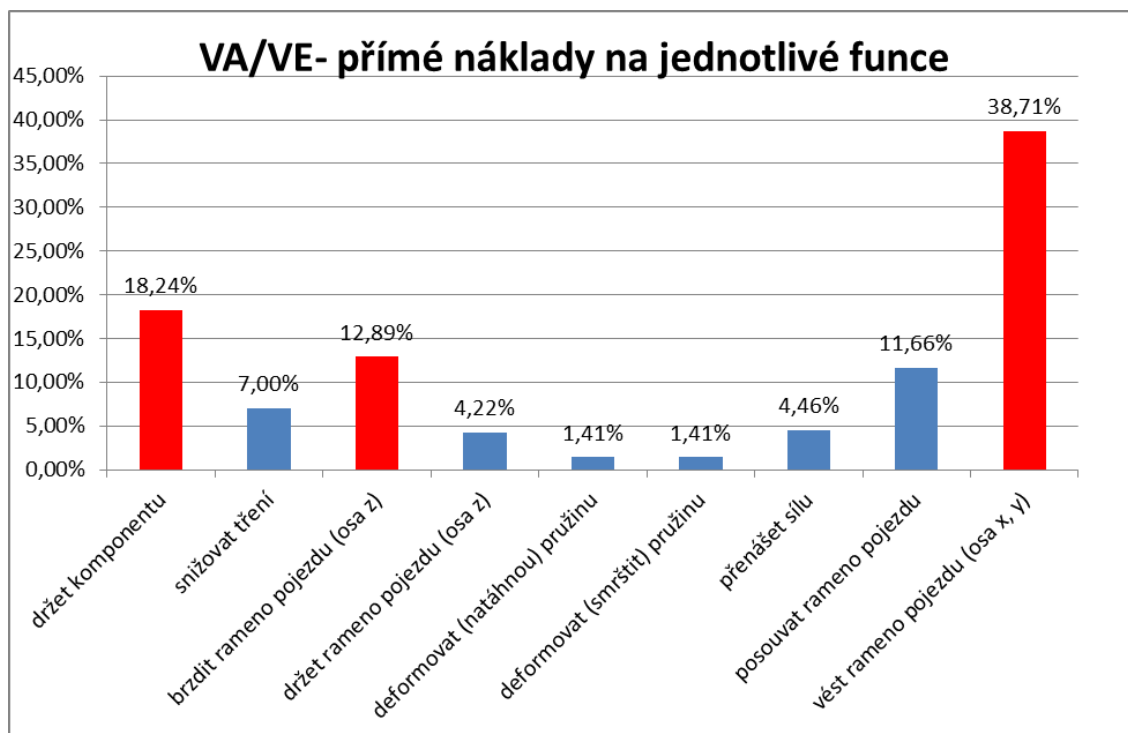
Hodnotová analýza je metodika rozhodování, která umožňuje stanovením poměru funkčnosti a zdrojů na její zajištění určení míry efektivnosti a výběr optimální varianty hodnoceného předmětu. Kromě toho je hodnotová analýza metodou tvůrčí práce při návrzích nových variant řešení. Je kombinací technického, ekonomického, ekologického, společenského (ale i individuálního) pohledu na zkoumaný problém. [4] Hodnotová analýza i hodnotové inženýrství si kladou za cíl vytvořit produkt, který plní požadované funkce při nejnižších nákladech a tím maximalizuje reálnou hodnotu pro zákazníka. Metoda dosažení tohoto cíle musí být založená na systematické analýze faktorů, z pohledu jejich příspěvku na uspokojivém plnění funkčních požadavků. Hodnotová analýza je metodologie orientovaná na eliminaci zbytečných nákladů bez ztráty v plnění hlavních funkcí nebo snížení efektivnosti produktu. Výstupy z provedené hodnotové analýzy jsou uvedené v tab. 8.1 a na obr. 8.5.

Zjištěné funkce pojezdu:

- F1: držet komponentu
- F2: snižovat tření brzdít rameno pojezdu (osa z)
- F3: držet rameno pojezdu (osa z)
- F4: deformovat (natáhnou) pružinu
- F5: deformovat (smrštit) pružinu přenášet sílu
- F6: posouvat rameno pojezdu
- F7: vést rameno pojezdu (osa x, y)

Tab. 8.1 Nákladově-funkční matice pro sub-systém „rameno zdvihu“

Nákladově - funkční analýza												
č.	Díl / operace	ks	Přímé náklady	FUNKCE (aktivní sloveso - podstatné jméno)								
				držet komponentu	snížovat tření	brzdit rameno pojezdu (osa z)	držet rameno pojezdu (osa z)	deformovat (natáhnout) pružinu	deformovat (smrštit) pružinu	přenášet sílu	posouvat rameno pojezdu	vést rameno pojezdu (osa x, y)
1	LME 25 - kuličková pouzdra	4	1 304,0 Kč	0	1	0	0	0	0	0	1	1
				0%	33%	0%	0%	0%	0%	0%	33%	33%
				0,00 Kč	434,67 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	434,67 Kč	434,67 Kč
2	W25 - vodící tyče	2	1 420,0 Kč	0	0	0	0	0	0	0	1	
				0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
				0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	1 420,00 Kč
3	Pojistné kroužky	8	28,0 Kč	1	0	0	0	0	0	0	0	
				100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
				28,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
4	Držák pouzdra	4	1 096,0 Kč	1	0	0	0	0	0	0	1	
				50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
				548,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	548,00 Kč
5	Rameno pojezd	2	45,0 Kč	1	0	0	0	0	0	1	3	0
				20%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	60%	0%
				9,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	9,00 Kč	27,00 Kč	0,00 Kč
6	Výstuha pojezdu	1	135,0 Kč	1	0	0	0	0	0	1	0	0
				50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%
				67,50 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	67,50 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
7	Pružiny tažné	3	960,0 Kč	1	0	0	3	1	1	2	3	0
				9%	0%	0%	27%	9%	9%	18%	27%	0%
				87,27 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	261,82 Kč	87,27 Kč	87,27 Kč	174,55 Kč	261,82 Kč	0,00 Kč
8	Domeček vodící tyče	2	364,0 Kč	1	0	0	0	0	0	0	0	0
				100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
				364,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
9	Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem ISO 4762 - M8 x 45	4	6,0 Kč	1	0	0	0	0	0	0	0	0
				100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
				6,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
10	Ploché podložky ISO 7089 - 8 - 140 HV	18	2,5 Kč	0	0	0	0	0	0	2	0	0
				0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%
				0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	2,50 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
11	Šestihranné matice ISO 4032 - M8	16	8,0 Kč	1	0	0	0	0	0	2	0	0
				33%	0%	0%	0%	0%	0%	67%	0%	0%
				2,67 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	5,33 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
12	Šroub s šestihranu hlavou ISO 4018 M8 x 16	2	1,8 Kč	1	0	0	0	0	0	0	0	0
				100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
				1,80 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
13	Závěsný šroub DIN 444B	6	36,0 Kč	1	0	0	0	0	0	1	0	0
				50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	0%
				18,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	18,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
14	Bezpečnostní pás	1	800,0 Kč	0	0	2	0	0	0	0	0	0
				0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
				0,00 Kč	0,00 Kč	800,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
CELKEM			6 206,3 Kč	1 132,2 Kč	434,7 Kč	800,0 Kč	261,8 Kč	87,3 Kč	87,3 Kč	276,9 Kč	723,5 Kč	2 402,7 Kč
FUNKCE - %				18,24%	7,00%	12,89%	4,22%	1,41%	1,41%	4,46%	11,66%	38,71%



Graf 8.1 Rozložení nákladu na funkce pojezdu

Na základě analýzy výchozího konstrukčního řešení pomocí metody VA/VE jsem prověřil, že náklady na plnění hlavních funkcí subsystému „posouvat rameno pojezdu“ nepatří mezi nejnákladnější funkce tohoto systému. Proto by stálo za úvahu ještě přehodnotit vybraný koncept zákazníkem a uvažovat o jiném návrhu, jelikož rozdíly mezi prvními třemi návrhy konceptů byly minimální.

8.3 Přezkoumání návrhu metodou FMEA-D

Metoda FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) tj. analýza projevů a důsledků poruch je metodou pro analýzu spolehlivosti. Představuje systematickou analýzu vazeb mezi projevy poruch, příčinami poruch a jejich následky pro uživatele. Pro každý projev poruch na nejnižší úrovni (např. pro úroveň poruch součástí) jsou analyzovány odpovídající následky na úrovni lokální nebo systémové. Konstrukční FMEA (FMEA-D) je analytickou a normalizovanou metodou používanou k odhalení všech potenciálních poruch navrhované konstrukce a podrobné analýze jejich příčin, následků i závažnosti pro provozování konstrukčního uzlu nebo kompletního výrobku. Za poruchu (vadu) v případě FMEA-konstrukční považujeme případ, kdy daná součást, podskupina nebo celý výrobek nesplňují požadavky, které na ně jsou kladeny (plnění

funkcí, ve formě plánované životnosti, specifikovaných rozměrů, deformace nebo estetických požadavků apod). [3]

Možná příčina je v případě FMEA-K vždy chápána jako chyba návrhu či chyba v technickém řešení, jejímž následkem je vznik dané vady. To znamená, že příčiny vad je v tomto případě nutné hledat jen v nedostatecích navrhovaného řešení. Typickými příčinami vad z hlediska FMEA-K jsou například nesprávně zvolený materiál, nesprávně zvolená síla stěny, nesprávně navržená povrchová úprava, přetížení komponenty apod. [4]

Standard metody FMEA je zaznamenávání údajů do připraveného formuláře s předepsanou posloupností kolonek. Princip metody FMEA spočívá v identifikaci prvků, u kterých by se mohla vyskytnout vada. Tato vada se zaznamená do tabulky společně s možnými následky a ohodnotí se význam této vady na stupnici 1-10 (1 - nevýznamný, 10 - nejvýznamnější). Poté se identifikují možné příčiny této vady, ohodnotí se možný výskyt této příčiny 1-10 (1 - minimální výskyt, 10 - velice častý výskyt). Nakonec se do tabulky zaznamená, jakým způsobem se tato příčina kontroluje a ohodnotí se možná odhalení 1-10 (1 - lehce odhalitelná, 10 - neodhalitelná). Závěr analýzy je spočítání rizikového čísla, které je součinem předchozích třech čísel a na základě velikosti tohoto čísla (RPN) se navrhne opatření, které zamezí vzniku možných vad. Závěr analýzy tedy je spočítání rizikového čísla a na základě velikosti tohoto čísla ($RPN > 100$) se navrhne opatření, které zamezí vzniku možných vad.

Výsledky FMEA-D pro navržené konstrukční řešení manipulačního vozíku jsou uvedeny v tabulce 8.2.

Tab. 8.2 FMEA-D pro výchozí konstrukční řešení

FMEA-K Transportní vozík															
Místo vzniku poruchy	Projev poruchy	Následek poruchy	Příčina poruchy	Běžná kontrola	Výskyt	Význam	Odhalení	RPN	Kritická hodnota	Návrh opatření	Provedená opatření	Výskyt	Význam	Odhalení	RPN
Svařenec rám spodní	Ohnutí konstrukce	Obtížný přesun obalů do stroje a ze stroje	Nedostatečný průřez profilů	Předchozí zkušenosti navrhovatele	3	9	5	135	100	Pevnostní analýza konstrukce	Provedena pevnostní analýza konstrukce v aplikaci Autodesk Inventor	2	9	3	54
Svařenec plošina	Deformace konstrukce	Obtížné navedení obalů do stroje	Nedostatečný průřez profilů	Předchozí zkušenosti navrhovatele	3	9	5	135	100	Pevnostní analýza konstrukce	Provedena pevnostní analýza konstrukce v aplikaci Autodesk Inventor	2	9	3	54
Kuličková pouzdra	Zadrhávání posuvu plošiny	Nefunkčnost vozíku	Zvoleno nevhodné kuličkové pouzdro na stanovené	Voleno z diagramu	4	9	4	144	100	Kontrola životnosti kuličkového pouzdra výpočtem	Úprava konstrukce, zvětšení rozteče mezi pouzdry, Kontrola životnosti	2	9	2	36
	Zaseknutí posuvné plošiny	Nefunkčnost vozíku	Zvoleno nevhodné kuličkové pouzdro na stanovené	Voleno z diagramu	4	9	4	144	100	Kontrola životnosti kuličkového pouzdra	Úprava konstrukce, zvětšení rozteče mezi pouzdry, Kontrola životnosti	2	9	2	36
Plech přední	Prohnutí plechu	Riziko zranění	Nedostatečná tuhost materiálu	Předchozí zkušenosti navrhovatele	3	10	4	120	100	Doplnění výztuže na plech pření	Změna konstrukce plechu - prolisy	2	10	2	40
Kolečka	Zvýšená zátěž na přesun vozíku	Zvýšená zátěž na pracovníka	Špatně zvolená kolečka	Bez kontroly	2	6	3	36	100						
Váleček	Váleček se netočí	Špatný přesun obalů	Poškození válečku	Předchozí zkušenosti navrhovatele	2	5	2	20	100						

Tab. 8.2 Pokračování

Místo vzniku poruchy	Projev poruchy	Následek poruchy	Příčina poruchy	Běžná kontrola	Výskyt	Význam	Odhalení	RPN	Kritická hodnota	Návrh opatření	Provedená opatření	Výskyt	Význam	Odhalení	RPN
Ovládací prvky sestava páka aretace	Nefunkční páka	Nefunkčnost vozíku	špatně zvolená délka lanka	Kontrola 3D dat	3	8	3	72	100						
			Špatně zvolený průřez lanka	Předchozí zkušenosti navrhovatele	2	8	2	32	100						
	Aretace se nevrací do výchozí pozice	Nefunkčnost vozíku	Lanko drhne	Špatně vedení lanka	2	8	2	32	100						
Ovládací prvky táhlo zábrany	Nefunkční táhlo	Zatěžování pracovníka	Špatně zvolená délka lanka	Kontrola 3D dat	3	6	3	54	100						
			špatně zvolený průřez lanka	Předchozí zkušenosti navrhovatele	3	6	3	54	100						
	Zábrana se nevrací do výchozí pozice	Pádu obalů	Lanko drhne	Špatně vedení lanka	3	7	2	42	100						
Bezpečnostní pás	Nekontrolovaný pohyb plošiny	Riziko úrazu	Nevhodně zvoleny parametry bezpečnostního pásu	Kontrola parametrů	3	6	3	54	100						

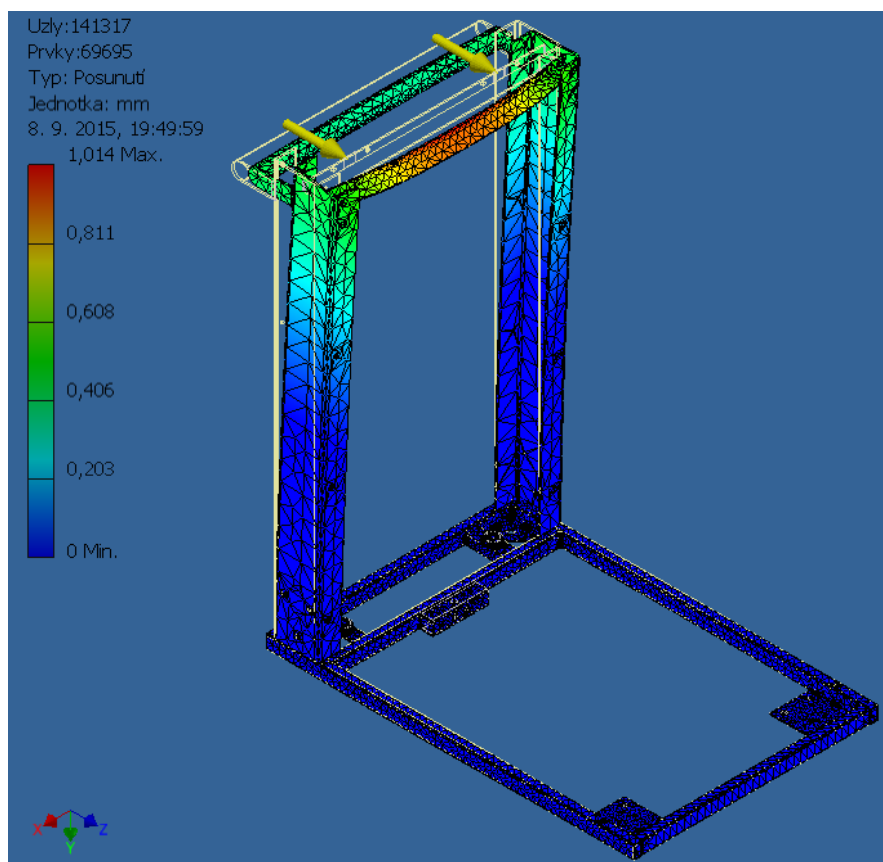
Na základě analýzy výchozího konstrukčního řešení pomocí metody FMEA-D jsem konstrukční návrh korigoval a upravil v těchto bodech:

1. Svařenec rám spodek - pevnostní analýza konstrukce v aplikaci Autodesk Inventor
2. Svařenec plošina - pevnostní analýza konstrukce v aplikaci Autodesk Inventor
3. Kuličková pouzdra - Úprava konstrukce, zvětšení rozteče mezi pouzdry, kontrola životnosti
4. Plech přední - Změna konstrukce plechu předního (prolisy)

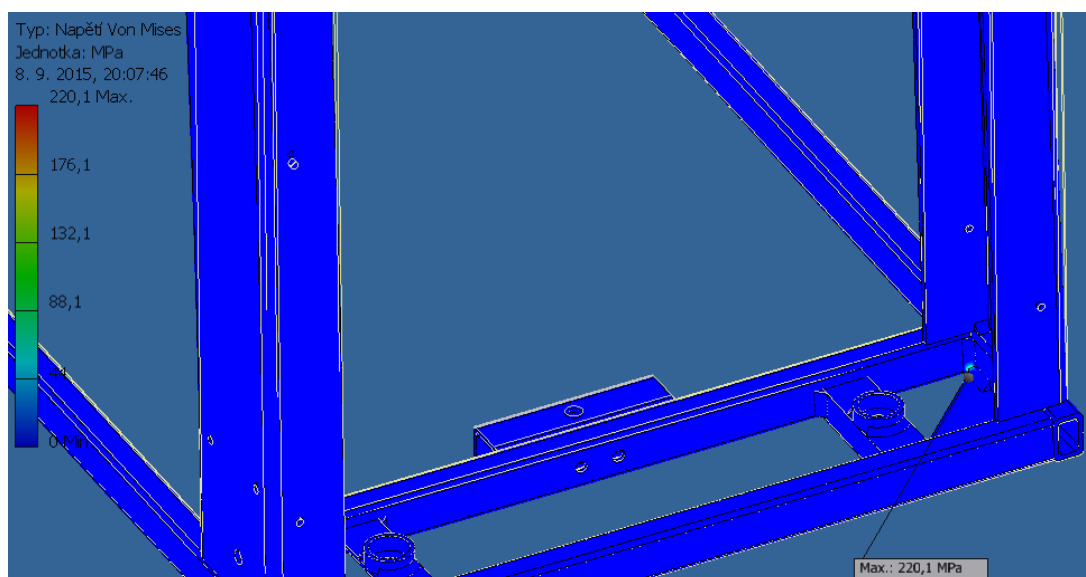
8.4 Pevnostní analýza - Svařenec rám spodní

Pro simulaci namáhání jsem využil integrovaného modulu v softwaru Autodesk Inventor, který využívá technologii analýzy metodou konečných prvků na bázi řešiče Algor. Na svařenec rámu jsem použil zatížení 720N to je přenesené zatížení z plošiny vozíku které je rovno 1000N. Materiálem je zvolena ocel s mezí kluzu $R_e = 206 \text{ MPa}$.

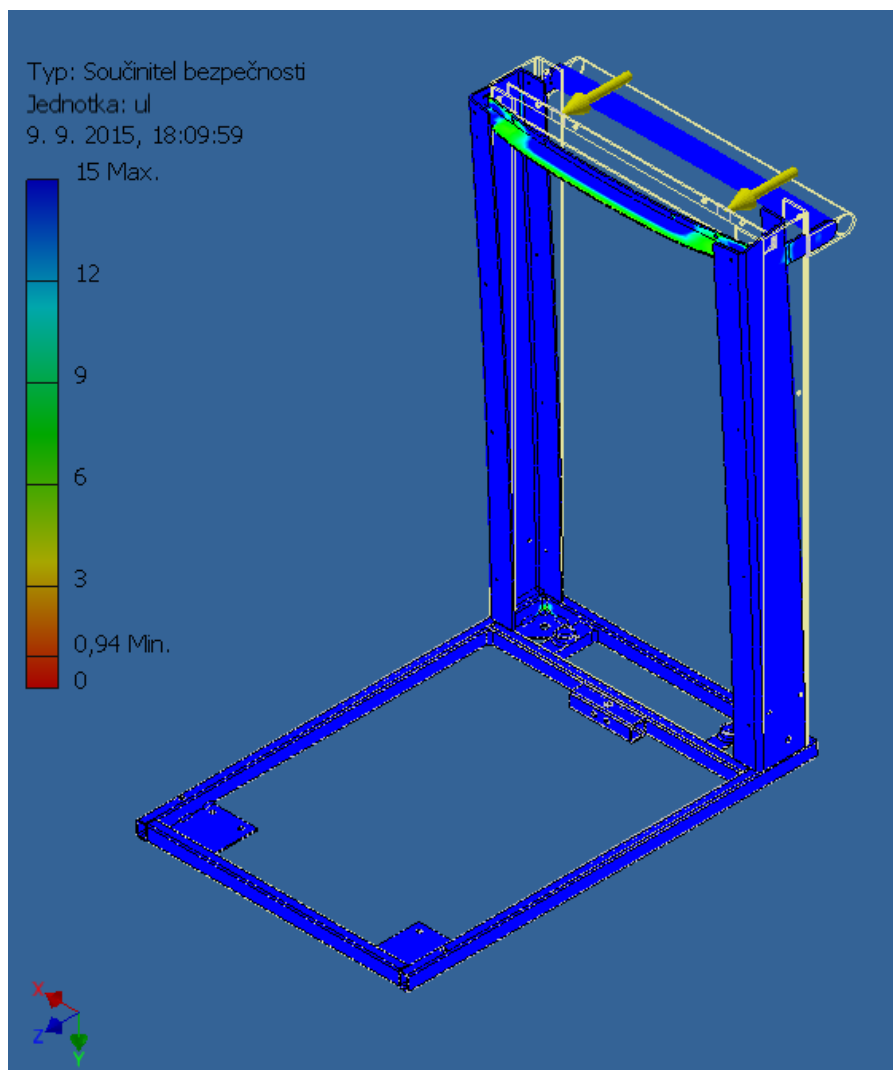
Hlavní sledovaný parametr konstrukce rámu spodního bylo maximální posunutí vyvolané zvoleným zatížením.



Obr. 8.4 Průběh posunutí na zvolené zatížení



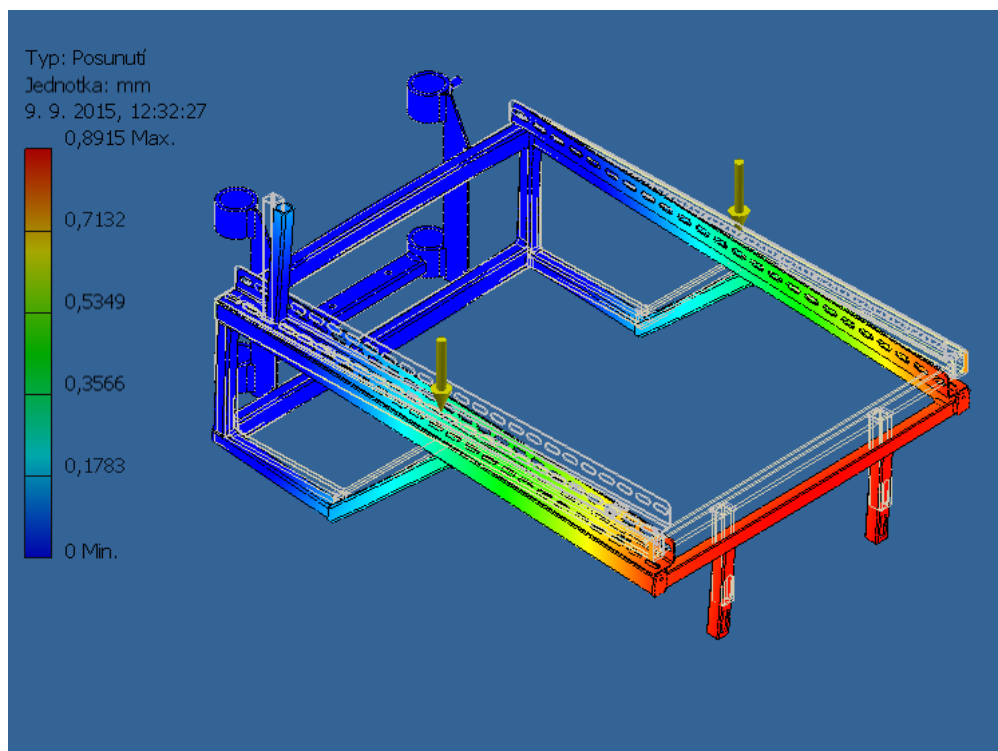
Obr. 8.5 Napětí Von Mises svařenec rám spodní – maximální hodnota 220 MPa.



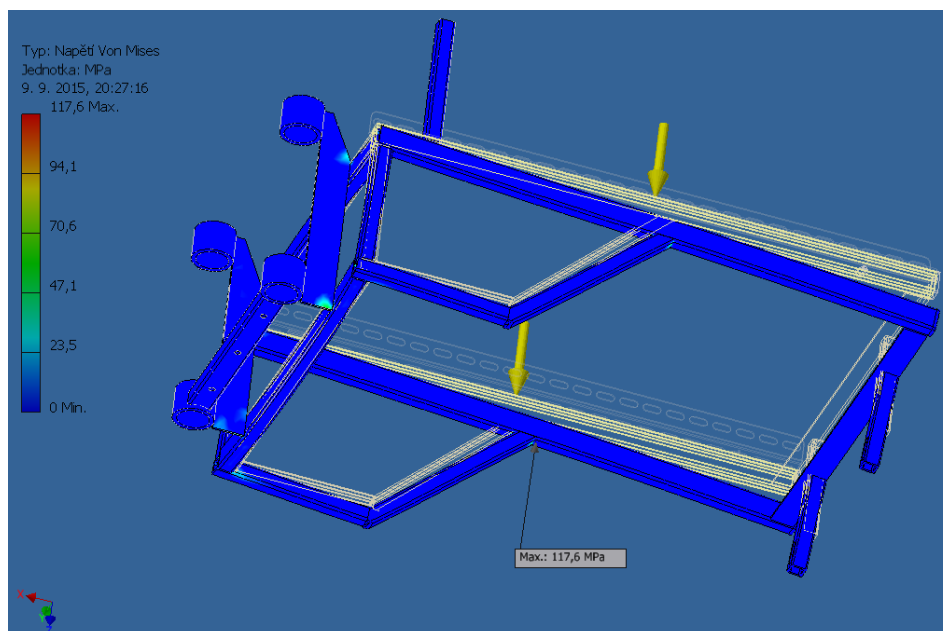
Obr. 8.6 Zobrazení součinitel bezpečnosti na zatížené konstrukci.

8.5 Pevnostní analýza – Svařenec plošina

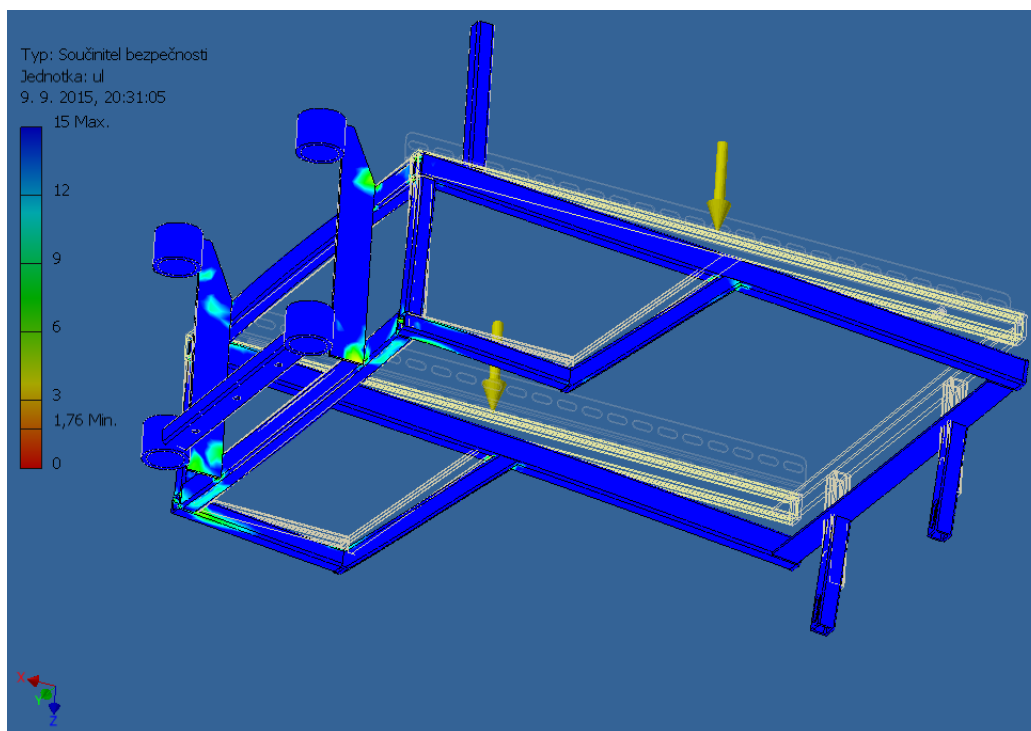
Na svařenec plošiny jsem použil zvolené zatížení 1000N. Materiál konstrukce zvolena ocel s mezí kluzu $R_e = 206 \text{ MPa}$. Hlavní sledovaný parametr konstrukce rámu spodního bylo maximální posunutí vyvolané zvoleným zatížením.



Obr. 8.7 Průběh posunutí na zvolené zatížení



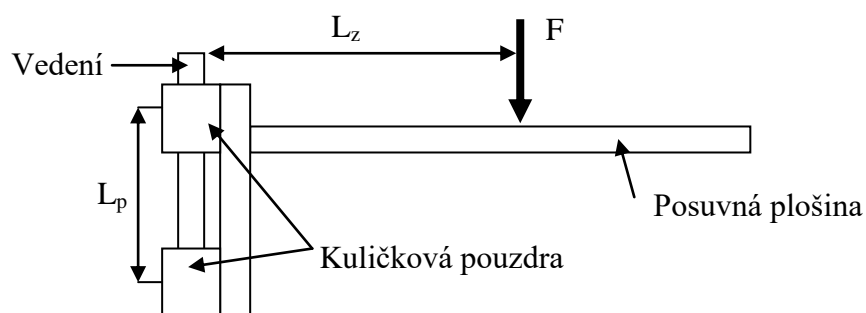
Obr. 8.8 Napětí Von Mises svařenec plošina – maximální hodnota 117 MPa.



Obr. 8.9 Zobrazení součinitel bezpečnosti na zatížené konstrukci.

8.6 Kontrolní výpočet životnosti kuličkového pouzdra

Pro kontrolu životnosti kuličkového pouzdra jsem nejprve vypočítal zatížení na jedno pouzdro a poté už vzorce předepsané výrobcem na kontrolu životnosti.



Obr. 8.10 Schéma zatížení posuvné plošiny

Výpočet zatížení na jedno kuličkové pouzdro:

$$P = \frac{F}{i_p} \cdot \frac{L_z}{L_p} = \frac{1000}{4} \cdot \frac{470}{225} = 522N \quad (1)$$

$$L_z = 470\text{mm}$$

$$L_p = 225\text{mm}$$

$$F = 1000\text{ N}$$

Výpočet nominální životnost pouzdra v metrech:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot 10^5 = \left(\frac{980}{522}\right)^3 \cdot 10^5 = 6,61 \cdot 10^5 \text{ m} \quad (2)$$

$C = 980 \text{ N}$ – voleno z katalogu výrobce

Výpočet nominální životnost v hodinách:

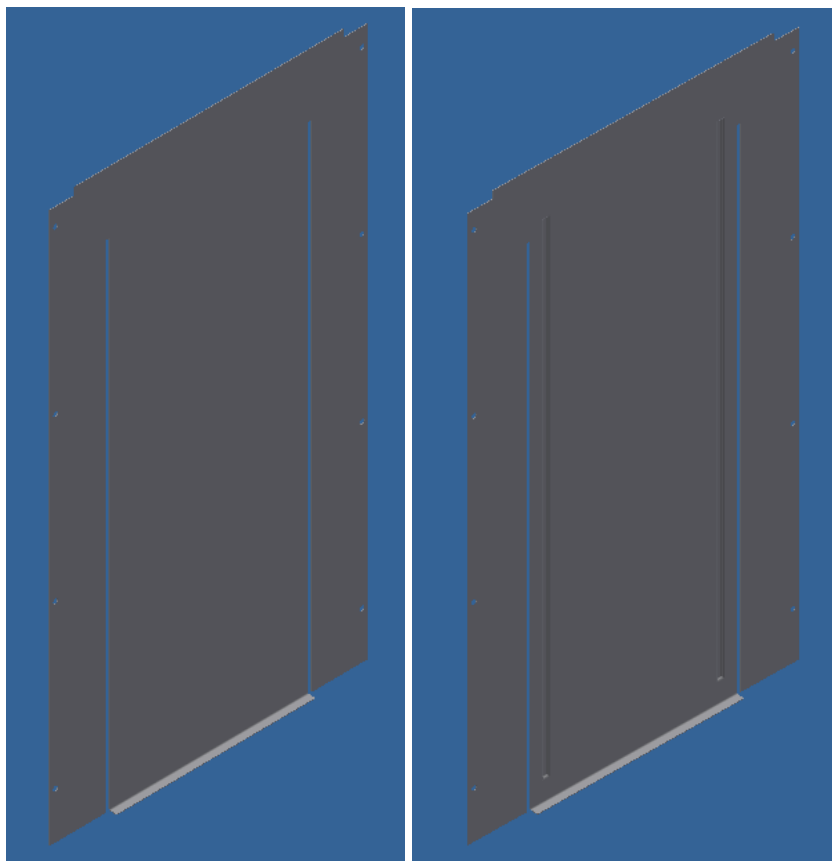
$$L_h = \frac{L}{2 \cdot l_s \cdot n_s \cdot 60} = \frac{6,61 \cdot 10^5}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,2 \cdot 60} = 30601 \text{ h} \quad (3)$$

$l_s = 0,9 \text{ m}$

$n_s = 0,2 \text{ min}^{-1}$

8.7 Změna konstrukce plechu předního

Na základě vyhodnocení metody FMEA-D, jsem provedl změnu konstrukce plechu předního. Prolisy plechu provedené vedle drážek pro pohyb pojezdu tak dojde ke zpevnění bez nutnosti přidávání dalších dílů, které by plech podepřely.



Obr. 8.11 Změna konstrukčního řešení komponent plech přední (před a po změně)

9. Zhodnocení

Tato diplomová práce pojednává o inovaci manipulačního vozíku ve firmě DMCZ. Výsledkem diplomové práce je vlastní návrh nové konstrukce manipulačního vozíku s ohledem na přání a požadavky zákazníka.

Při seznámení s požadavky zákazníka na inovovaný manipulační vozík se dále provedla analýza stávajícího konstrukčního řešení, kde byly odhaleny určité nedostatky. Poté bylo navrženo 5 konceptů řešení, které by nahradily původní zařízení. Vítězný koncept byl dále detailně rozpracován.

Na základě prvního návrhu jsem byl firmou DMCZ požádán o částečnou přestavbu původní vozíku (obr. 9,1), aby se mohly posoudit určité konstrukční prvky a používání vozíku ve výrobním procesu.



Obr. 9.1 První přestavěné vozíky (prototyp 1)

Ty vozíky se v testovacím výrobním procesu používali cca 3 až 4 měsíce. V tomto období probíhaly pravidelné schůzky z pracovníky DMCZ kde se posuzovali nedostatky a navrhovali se konstrukční opatření. Po těchto několika optimalizačních krocích byla navržena finální varianta konstrukce a představena zákazníkovi. Na základě finální konstrukce jsem postavil jeden inovovaný vozík.

Na druhém prototypu vozíku (obr. 9.2) byli prověřeny všechny požadované parametry a funkce už v plném jednosměnném provozu. Na základě tohoto testování ještě vznikly drobné připomínky na úpravu některých dílů. Po těchto úpravách a 2 měsíčním pozorovacím obdobím byl tento návrh ve firmě DMCZ schválen.

Díky ověření funkčnosti a spolehlivosti transportního vozíku a přechozí spokojenosti s návrhem a výrobou, jsem ve spolupráci s firmou Institut průmyslového inženýrství s.r.o. dodal do firmy DMCZ dalších 6 transportních vozíků.



Obr. 9.2 Inovovaný vozíky (prototyp 2)

Zdroje

- [1] Mašín, I.; Jirman, P.; Filová, D. *TRIZ + Search. Nástroje inovační kreativity*. Institut kreativity a inovací. Liberec 2014.
- [2] Mašín, I.; Jirman, P. *Metody systematické kreativity*. Technická univerzita v Liberci. Liberec 2012.
- [3] Mašín, I. *Inovační inženýrství. Plánování a návrh inovovaného výrobku*. Technická univerzita v Liberci. Liberec 2012.
- [4] Mašín, I. - Petrů, M. – Novák, O. *Metody inovačního inženýrství na mikro-úrovni*. Technická univerzita v Liberci. Liberec 2015.
- [5] <http://www.google.com/patents>
- [6] <https://register.epo.org/smartSearch>
- [7] <https://app.patentinspiration.com>
- [8] Patent US2014001721
- [9] Patent EP2540593A2
- [10] Patent EP1457396 (B1)
- [11] Patent CN2936872 (Y)
- [12] <http://www.dacocorp.com/loprofile-hydraulic-scissor-lift-tables-p-536-l-en.html>
- [13] <http://www.southworthproducts.com>

- [14] <http://www.omtec.com/ergonomic-scissor-lift-with-pop-up-ball-transfer-table.php>
- [15] <http://www.directindustry.com/prod/nordock-inc/product-24446-1194941.html>
- [16] <http://www.easyrack.org/electric-ergonomic-scissor-lift-tables-carts-a-221.html>
- [17] <http://www.globalindustrial.com/c/material-handling/lift-tables/mobile-work-positioning>

Seznam výkresů

1. Váleček 1
2. Váleček 2
3. U profil
4. Destička
5. Čep
6. Domeček lanko
7. Napínák
8. Centrovací patky
9. Domeček vodící tyče
10. Kolík
11. Kryt spodní
12. Kryt vedení
13. Páčka levá
14. Páčka pravá
15. Plech přední
16. Plech zadní
17. Vedení pásu 1
18. Vedení pásu 2
19. Kryt plošiny
20. Zámek
21. Svařenec páka aretace
22. Svařenec U profil
23. Svařenec táhlo zábrany
24. Svařenec páčka levá (pravá)
25. Svařenec rám spodek
26. Svařenec plošina
27. Sestava páky aretace
28. Sestava plošiny
29. Sestava vozíku

Seznam příloh na CD

1. Data modelů + výkresy
2. Návod k obsluze manipulačního vozíku
3. Katalog TEA - vodící tyče a kuličková pouzdra
4. Katalog Heenlich - tažných pružin
5. Protokol o zkoušce a ověření dle normy ČSN EN ISO 12100:2011 Posouzení rizika